

Résultats de la campagne de mesures des performances des systèmes PV autonomes en Tunisie

Projet RMS ANME/GIZ



PV sites isolés



Pompage PV



Eclairage public



contact@alliancesoleil.com

[02 51 54 19 06](tel:0251541906)

Plan de la présentation

Objectif et trame de la présentation

- Présentation de l'audit
- Analyse et résultats
- Recommandation / Points de vigilance
- Questions

REALISATION D'UNE CAMPAGNE DE MESURES DES
PERFORMANCES DES INSTALLATIONS SOLAIRES
PHOTOVOLTAIQUES EN SITES ISOLES

Projet RMS ANME/GIZ

**Livrable 3 : Résultats de la campagne de
mesures des performances des
systèmes PV autonomes en Tunisie**

Version 05 avril 2019

Votre rapport
expliqué



PV sites isolés



Pompage PV



Éclairage public



©Crédit photos Alliance Soleil

ALLIANCE SOLEIL

Echantillonnage, Livrable 1.a.

Sélection des sites

Proposition d'un échantillon comprenant 50 installations sur un total de 296 sites :

- 30 sites de type pompage PV sur la base de données (125 au total)
- 15 sites de type électrification rurale sur la base de données (152 au total)
- 5 sites de type éclairage public sur la base de données (19 au total)

Echantillonnage, Livrable 1.a.

Sélection des sites

L'ANME et la GIZ ont finalisé les choix :

- **15 sites de type pompage PV (*Pompage*)**
- **9 sites de type électrification rurale (*PVSI*)**
- **2 sites de type éclairage public (*Eclairage*)**

Critères suivants pris en compte pour sélectionner les sites à proposer :

- Localisation (service régional) – répartition géographique
- Entreprise ayant réalisé l'installation
- Puissance crête de l'installation
- Date de mise en service

Echantillonnage, Livrable 1.a.

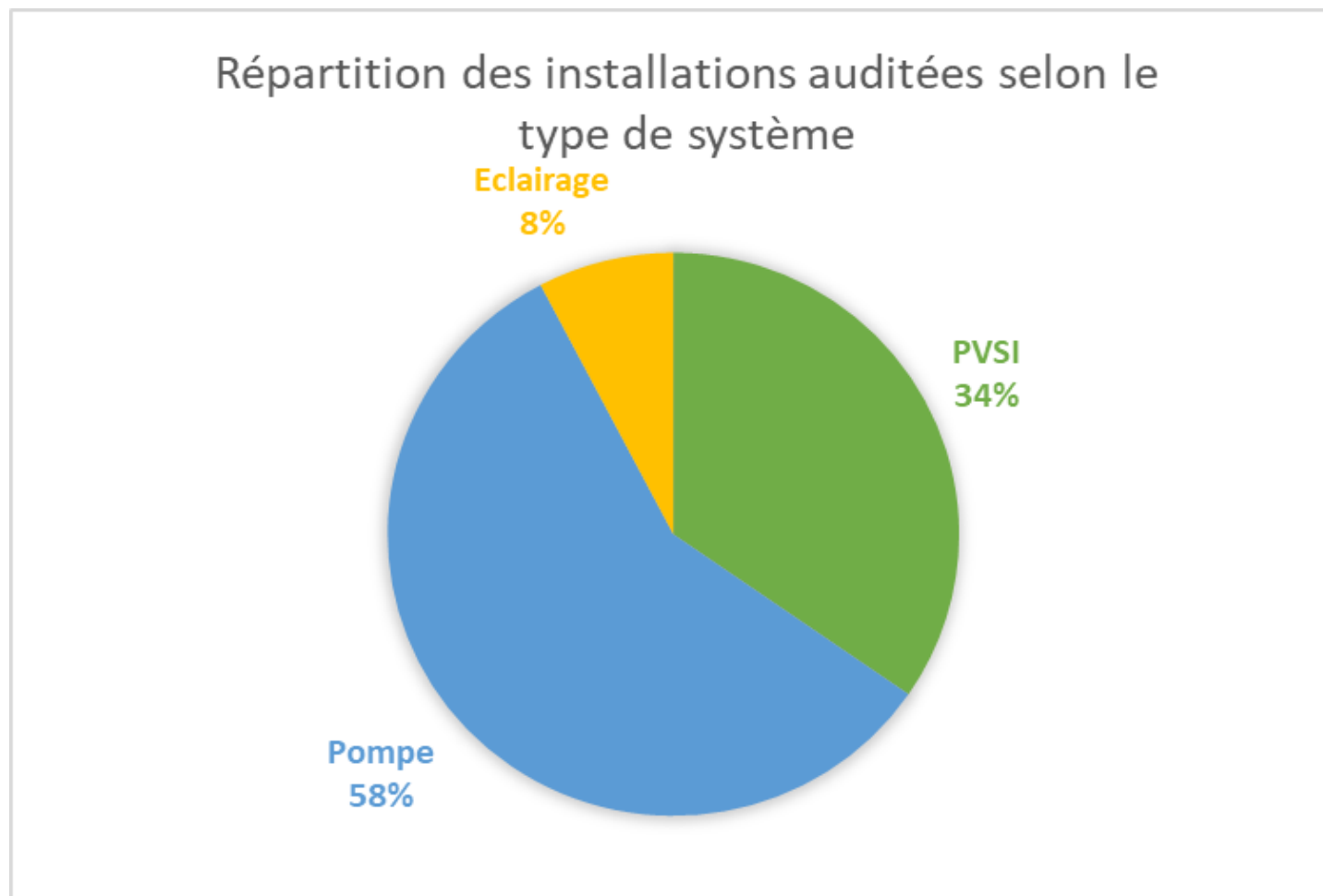
Sites audités



- Vert : installations PVSI
- Bleu : installations de pompage
- Jaune : installations d'éclairage public

Echantillonnage, Livrable 1.a.

Listes des sites audités



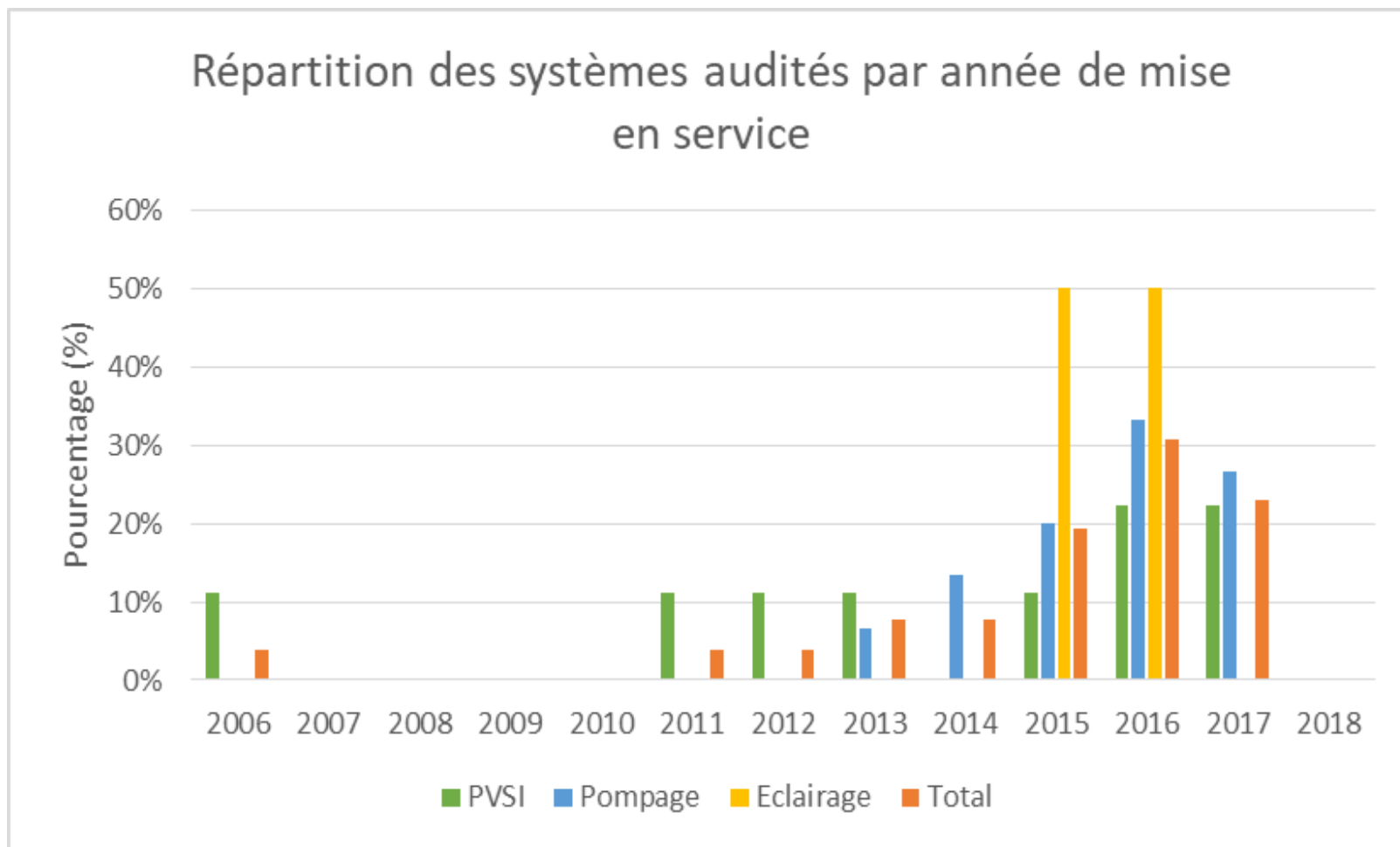
Echantillonnage, Livrable 1.a.

Listes des sites audités

Ref	n°IPV	Date visite	Date Mise en service	SR	Type de Système	Puissance crête (Wc)
V1	100	11/02/2019	2015	TUNIS	PVSI	3 180
V2	119	11/02/2019	2016	TUNIS	PVSI	1 240
V3	144	12/02/2019	2017	SOUSSE	PVSI	260
V4	47	12/02/2019	2012	SOUSSE	PVSI	1 680
V5	131	13/02/2019	2016	SOUSSE	PVSI	1 000
V6	72	13/02/2019	2013	SOUSSE	PVSI	1 400
V7	37	14/02/2019	2015	SFAX	Pompage	15 000
V8	15	14/02/2019	2013	SFAX	Pompage	22 500
V9	44	15/02/2019	2016	SFAX	Pompage	10 000
V10	92	15/02/2019	2017	SFAX	Pompage	10 400
V11	32	05/03/2019	2015	GABES	Pompage	1 250
V12	-	05/03/2019	2016	GABES	Pompage	4 500
V13	147	06/03/2019	2017	GABES	PVSI	20 000
V14	-	06/03/2019	2006	GABES	PVSI	10 500
V15	14	07/03/2019	2016	GABES	Eclairage Public	3 000
V16	4	07/03/2019	2015	GABES	Eclairage Public	2 400
V17	21	08/03/2019	2014	GABES	Pompage	10 000
V18	101	08/03/2019	2017	GABES	Pompage	9 360
V19	74	11/03/2019	2017	SIDI BOUZID	Pompage	18 000
V20	26	11/03/2019	2016	SIDI BOUZID	Pompage	18 000
V21	16	12/03/2019	2014	SIDI BOUZID	Pompage	8 460
V22	96	12/03/2019	2017	SIDI BOUZID	Pompage	10 600
V23	41	13/03/2019	2015	SIDI BOUZID	Pompage	8 000
V24	125	13/03/2019	2016	SIDI BOUZID	Pompage	9 000
V25	60	13/03/2019	2016	SIDI BOUZID	Pompage	9 000
V26	26	14/03/2019	2011	SIDI BOUZID	PVSI	2 100

Echantillonnage, Livrable 1.a.

Listes des sites audités



Fiches d'enquêtes

Fiches enquête client

Un questionnaire a été élaboré avec les thèmes suivants :

- Satisfaction globale du client
- Amélioration de son confort de vie
- Amélioration de sa production agricole (cas pompage)
- Sensibilisation aux économies d'eau ou d'électricité
- Niveau d'utilisation du système (fréquence journalière, saisonnière, etc.)
- Niveau de compréhension du système par le client
- Satisfaction des besoins
- Satisfaction du stockage d'énergie (batterie ou réservoir d'eau selon type d'application)
- Maintenance : fréquence de nettoyage des modules, fréquence remplissage électrolyte des batteries, etc.
- Principaux problèmes selon le client (dysfonctionnements, pannes, etc.)
- Satisfaction du SAV des installateurs
- Economies réalisées (le cas échéant)
- Propositions d'amélioration venant du client

Fiches d'enquêtes

Fiches enquête client

Code GIZ/ANME Type de système Pompe / Eclairage / Elec. Rural Date enquête

ENQUETE UTILISATEUR (livrable 1c)

INFORMATIONS GENERALES

Utilisateur

1 Nom / Prénom : Adresse : Autre :
 2 Téléphone : Profession :
 3 ☐ locataire ☐ propriétaire

Identification du site

4 Adresse complète :
 5 Centre urbain le plus proche (ex: réseau elec) :
 6 Environnement climatique : montagne désert océan (distance mer en km :)

Caractéristiques du client / entreprise / foyer équipé

7 Type Application: Domestique Professionnelle Publique
 8 Nbre de personnes (PVSI) : Surface à irriguer (ha) :
 9 Taux d'utilisation annuel : 100% / -50 à 100 % / 25 à 50 % / -25%
 10 Période d'utilisation Permanent / week-end

PVSI Équipements électriques du foyer :

Récepteurs	Quantité	durée de fct (h/j)
Points lumineux		

Pompage : Usage de l'eau pompée et période / surface irriguée, etc.

Description technique d'irrigation :

Questionnaire

24 Motivation pour une installation PV ? : logique écologique / logique économique / intérêt pour le PV versus autre technologie
 25 Satisfaction vis-à-vis des procédures administratives ? : Tout à fait satisfait / satisfait / pas satisfait / pas d'avis
 26 Réception des fiches de garanties des équipements ? : Oui / Non
 27 Avez-vous le dossier technique de vos installations ? : Oui / Non
 28 Respect du débit CRDA après mise en service : Oui / Non
 29 Critères de choix de l'installateur ? Prix / Qualité / conseils techniques / recommandé par une connaissance / respect des délais
 30 Communication avec l'installateur ? Très claires / assez claires / peu claires / pas du tout satisfaisante
 31 Satisfaction par rapport à ce qui avait été annoncé ? : Tout à fait satisfait / satisfait / pas satisfait / pas d'avis
 32 Etes-vous satisfait de la production (kWh / m3) ? : Tout à fait satisfait / satisfait / pas satisfait / pas d'avis
 33 Faites vous des relevés de production (kWh ou m3) ? : jamais / lecture des compteurs
 34 Si relevé de production : Journalier / hebdomadaire / mensuel / annuel
 35 Avez-vous été sensibilisé par l'installateur aux économies d'électricité ou d'eau ? : Oui / Non
 36 Pensez-vous que la gestion de l'énergie est simple (voyants/alarme) ? : Oui / Non
 37 Est-ce que vos besoins en électricité (ou eau) sont satisfaits ? : Oui / Non
 38 Si Non, pour quoi :
 39
 40 De nouveaux appareils consommateurs ont-ils été branchés depuis la 1ère mise en service ? : Oui / Non
 41 Si Oui, lesquels :
 42 L'énergie stockée (ou eau) dans les batteries (réservoir/château d'eau) est-elle suffisante en cas de mauvais temps ? : Oui / Non
 43
 44
 45 Si vous avez un générateur d'appoint ou une moto-pompe d'appoint, l'utilisez-vous souvent en nb de jours/an : jour / an
 46
 47 Avez-vous eu de mauvaises surprises (dysfonctionnements, pannes d'électricité, manque d'eau) : Oui / Non

48 si Oui, combien et quel type :
 49
 50
 51
 52 L'intervention en cas de pannes arrive dans un délai de : moins de 7 j / 7 à 15 jours / 16 jours à 1 mois / plus
 53 Avez-vous un contrat de maintenance des installations : Oui / Non
 54
 55 Nettoyez-vous les modules ? : jamais / tous les mois / tous les ans
 56
 57
 58 Menez-vous d'autres actions d'entretien : Oui / Non,
 59 si Oui, de quoi s'agit-il ?
 60 Des problèmes de sécurité sont-ils survenus ? Oui / Non
 61 Si Oui, lesquels :
 62 Connaissez-vous la rentabilité de votre installation : OUI / Non Si Oui, en combien de temps ? Ans
 63 Si NON, pensez-vous qu'elle est satisfaisante ? : Oui / Non
 64 Avez-vous des propositions pour améliorer votre système ?
 65
 66 Etes-vous prêt (volonté) à investir dans des techniques d'irrigation économe en eau : OUI / NON
 67
 68 Recommanderiez-vous autour de vous de faire/d'avoir un système PVSI ou de pompage ou Eclairage public : Oui / Non
 69
 70
 71 Indice général de satisfaction du client : Très bonne / Bonne / Moyenne / Mauvaise
 72
 73 Commentaires additionnels de la part du client interrogé ou d' Alliance Soleil / ANME / GIZ
 74
 75
 76
 77
 78
 79
 80
 81
 82
 83
 84
 85
 86
 87
 88
 89
 90
 91
 92
 93
 94
 95
 96
 97

Trame enquête USAGER MAJ 31 01 2019.xlsx

2/2

Fiches d'enquêtes

Grille de contrôle technique

Commune aux 3 types de systèmes développée avec les sections suivantes :

- Informations globales de l'installation
- Informations transmises au client
- Champs PV, Parc batteries, Coffret régulateur/ armoire de régulation
- Onduleur / variateur / Coffret AC et coffret DC
- Pompe et système de pompage

- Généralités sur l'installation (mise en œuvre)
- Evaluation des performances (avec mesures)

Fiches d'enquêtes

Grille de contrôle technique

N°	Grille Contrôle Technique	Date / heure visite :
	Code GIZ/ANME :	code couleur rouge = prendre photo bleu = mesure
1	Nom usager :	
2	Identification du site :	Ville :
3	Type d'application : PVSI / Pompage / Eclairage public	
4	Le système fournit-il le service, le jour de l'audit ? : OUI / NON	
5		
6	Puissance crête : Wc	Nb de modules : Impp stc champ PV : A
7	Installateur :	Vmpp stc champ PV : V
8	Date de mise en service :	Date de renouvellement de gros matériel :
9		si oui, lequel ? :
10	EVALUATION DE L'ETAT DE SECURITE "BIENS ET PERSONNES"	
11	Informations remises au client	
12	Présence schéma électrique : OUI / NON	
13	Nomenclature des équipements installés : OUI / NON	
14	Présence Description de la procédure d'intervention / consignes de sécurité : OUI / NON	
15	Qui fait l'entretien ?	Evaluation du niveau de compétences de l'usager ? Faible / Moyen / Bon
16	Evaluation niveau de compétence de l'installateur en entretien ?	Faible / Moyen / Bon
17	Champ PV	
18	Fiche signalétique module	Présence ombrage : OUI/NON Mesures : OUI / NON
19	Orientation / Inclinaison :	Espace entre rangées : H : D : m
20	Bonne conception de la structure : OUI / NON	Bonne fixation des modules : OUI / NON
21	Remarque sur l'estage :	Propreté des modules : OUI / NON
22	Corrosion structure : OUI / NON	Défaut visuel sur modules : OUI / NON, si oui lesquels
23	Bon état des connecteurs/connectique : OUI / NON	Accès facile pour nettoyage : OUI / NON
24	Mise en œuvre câblage correct : OUI / NON	Nettoyage régulier : OUI / NON
25	Bon état câblage : OUI / NON	Compatibilité des connecteurs : OUI / NON
26	Boucle d'induction : OUI / NON	MLT des structures : OUI / NON section : mm²
28		
29	Parc batteries Local technique / local batterie : Photos	
30	Fiche signalétique Batterie : capacité initiale / Nb éléments	Présence date MES : OUI / NON
31	Capacité totale et tension du parc : Ah C... et Ubat : V	
32	Présence local batterie dédié : OUI / NON	Bornes protégées contre les cc : OUI / NON
33	Présence coffre à batteries : OUI / NON	Fermeture sécurisée : OUI / NON
34	Coffre à batterie protégé du soleil : OUI / NON	Marquage de sécurité (ne pas fumer, etc.) : OUI / NON
35	Ventilation haute et basse opposée : OUI / NON	
36	Bac de rétention / sol résistant à l'acide : OUI / NON	
37	Accessibilité lecture niveau d'électrolyte : OUI / NON	Niveau correct et homogène : OUI / NON
38	Organe de sectionnement Puissance : OUI / NON	Type : fusible / intersectionneur /
39	Section correcte câbles batteries/régulateur/onduleur : OUI / NON	
40	Serrage des câbles/cosses : OUI / NON	Corrosion cosses : OUI / NON
41	Bon état général des batteries : OUI / NON	
42		
43	Coffret Régulateur / armoire de régulation	
44	Fiche signalétique	
45	Localisation correcte : OUI / NON	Etanchéité à l'eau : OUI / NON
46	Etanchéité aux insectes : OUI / NON	Protégé du soleil : OUI / NON
47	Protection élec (côté PV, côté onduleur) : OUI / NON	
48		

49	Onduleur / variateur :	Chargeur :
50	Fiche signalétique	Fiche signalétique
51	Puissance nominale en VA :	Courant nominal de charge (A) :
52	Caractéristiques entrée / sortie :	
53	Localisation protégée du soleil/pluie : OUI / NON	Localisation protégée du soleil/pluie : OUI / NON
54	Neutre relié à la terre (PVSI) : OUI / NON	
55		
56		
57	Coffret de distribution AC :	Coffret DC :
58	Présence des disjoncteurs : OUI / NON	Bon état des protections : OUI / NON
59	Fonctionnement correct des DDR : OUI / NON	Serrage correct : OUI / NON
60		
61	Pompes et systèmes de pompage	Château d'eau : OUI / NON Vol : m3
62	Plaque signalétique (si accessible) :	Pompe : Monophasé / Triphasé
63	Puissance électrique pompe / Puissance nominale variateur / Pc PV :	
64	Accessoires : capteur niveau d'eau, etc:	
65		
66		
67	Généralités	
68	Respect couleur des câbles : OUI / NON	MLT masses métalliques : OUI / NON
69	Serrage presse-étoupes : OUI / NON	Polarité batteries mise à la terre ? : OUI / NON
70	Bon état des câbles (C visuel) : OUI / NON	Bon état des boîtes de jonction : OUI / NON
71	Serrage des connexions (avec caméra I-R) : OUI / NON	Présence insectes / rongeurs : OUI / NON
72	Bon état des parafoudres : OUI / NON	
73	Bon état de la signalisation "sécurité" des équipements : OUI / NON	
74	Bon état de propreté local technique et équipements : OUI / NON	
75	Aquisition de données : OUI / NON	
76	Avis sur efficacité énergétique des récepteurs : Faible / Moyenne / Haute	
78		
79	EVALUATION DES PERFORMANCES	
80	Bonne continuité liaisons équipotielles MLT des masses) : OUI / NON	
81	Conformité de la résistance de terre avec CATU300 :ohms --> OUI / NON.	
82	Recherche de points chauds avec caméra IR (connexion, modules, coffret, etc.): Photos si détection	
83	Mesure Impp / Vmpp et éclairement, T°C --> cohérence des résultats : OUI / NON	
84	Etat de charge des batteries : Ubat en charge, Uoc, T°C, densité élec.--> cohérence des résultats : OUI / NON	
85	Seuil de fin de charge (si floating pdt visite) --> cohérence des résultats : OUI / NON	
86	Analyseur Courbe I-V : (selon possibilités et détection défaut caméra IR) --> présence d'anomalies : OUI / NON	
87	Présence système de monitoring : OUI / NON si Oui, type :	
88	Lecture de compteur d'énergie et analyse : cohérence des résultats : OUI / NON	
89	Test des fonctions coupure d'urgence :	
90		
91	Cas pompage (en plus)	
92	Lecture du compteur d'eau et analyse : M3 --> cohérence des résultats : OUI / NON	
93	Volume pompé journalier selon le client : M3	
94	Volume pompé journalier contre volume prévu --> cohérence des résultats : OUI / NON	
95	Débit instantané de pompage (avec Impp, Vmpp, Vac, fréquence, Iac, E et Volume, temps, HMT)	
96		
97	Cas Eclairage public (selon système)	
98	Durée d'éclairage conforme au CCTP : Nb heures/nuit selon avis client --> OUI / NON	
99	Niveau d'éclairage conforme versus CCTP : lux --> OUI / NON	
100	Bonne fiabilité des luminaires : % en fonctionnement --> OUI / NON	

Grille de controle technique MAJ 31 01 2019.xlsx/AS / GIZ

2/3

Plan de la présentation

Objectif et trame de la présentation

- Présentation de l'audit
- Analyse et résultats
- Recommandation / Points de vigilance
- Questions

4. Analyse et résultat

- **92 %** des systèmes audités fonctionnait le jour de l'audit
 - 100 % des systèmes de pompage et d'éclairage public.
 - 78 % des sites isolés (hors pompage et éclairage public) étaient fonctionnels

4.1 Structure

- 96 % des structures étaient bien conçues.
- Structure le plus souvent réalisée en matériaux résistants à la corrosion (acier galvanisé ou l'aluminium).
- Ancrée au sol avec plots béton/dalles ou fixée / lestée sur toiture terrasse.



V19



V8

4.1 Structure



V10



V21 – Tracker conçu spécialement pour le site en collaboration avec le fabricant



V23 – système de fixation limitant les perçages des structures acier galvanisé



**V23 - Structure acier galvanisée à chaud /
boulonnerie inox**

4.1 Structure

4.1.1 Lestage insuffisant : glissement de structure



V26 – Lestage pas assez important ayant entraîné glissement des structures (bacs lestés)

4.1 Structure

4.1.1 Lestage provisoire insuffisant : grand risque de soulèvement de la structure



V18 – mauvais lestage, soulèvement de la structure



V18 – Installation de 9,3 kWc située en toiture d'un bâtiment, attachée aux deux extrémités avec un câble et des boulons - Struture provisoire après la dépose de la structure au sol

4.1 Structure

4.1.1 Lestage avec des sacs de terre et consolidés par des sangles de colisage



V17 – Lestage provisoire (depuis plusieurs années) avec des sacs de terre trop faible et structure retenue avec des sangles par un olivier

4.1 Structure

4.1.1 Lestage : Fixation interdite

- Tire fond + ciment → risques de fuites en toiture



V6 – Lestage tire-fond pouvant entrainer des fuites

4.1 Structure

4.1.2 Corrosion structure

- Selon l'emplacement des systèmes et matériaux utilisés



**V1 – Structure corrodée, système proche de la mer
(MES 2015)**



V2 – Boulon corrodé (MES 2016)

4.1 Structure

4.1.2 Corrosion structure



V11 – Structure corrodée (MES 2015)



V12 – Structure corrodée (MES 2016) et collier cassé

4.1 Structure

4.1.2 Corrosion structure

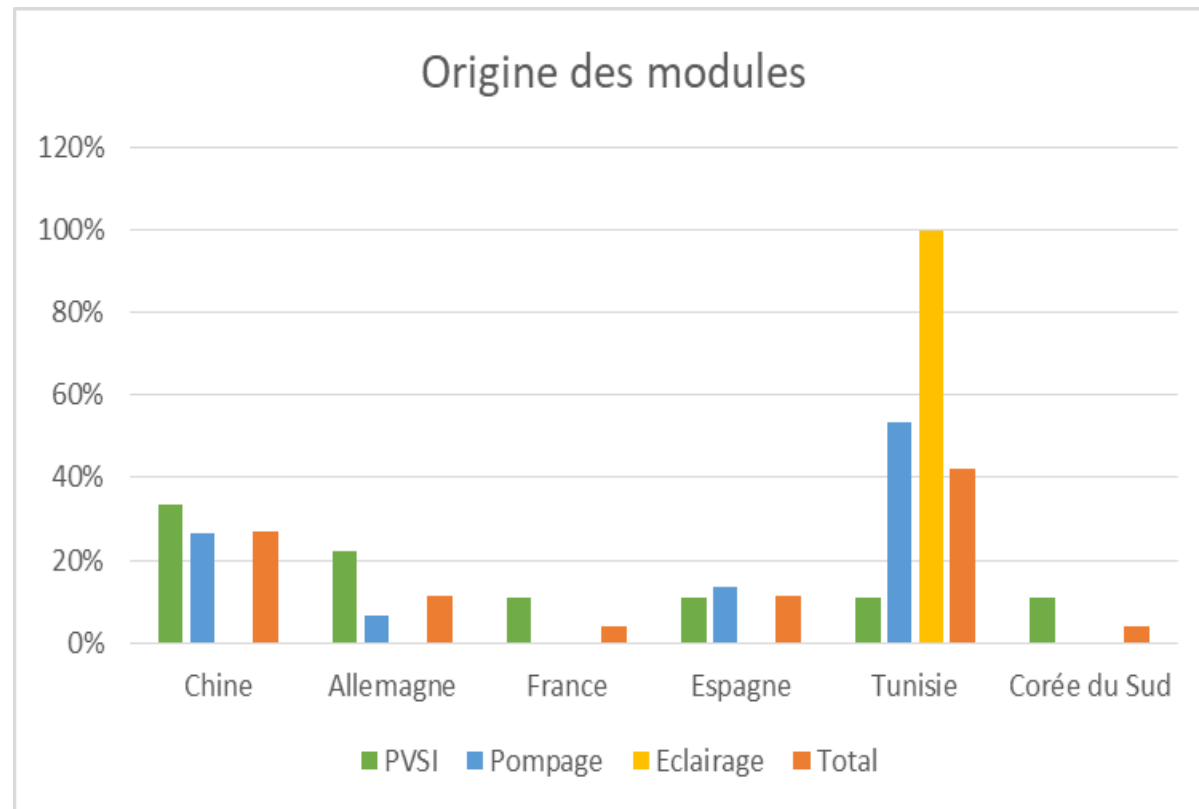


V20 – Boulonnerie corrodé (MES 2016)

La corrosion peut à terme remettre en cause la solidité de la structure, en particulier en bordure de mer. En bordure de mer, il faut sans doute privilégier uniquement les structures aluminium ou inox, avec boulonnerie inox.

4.2 Modules

- 100% des modules sur les sites audités conformes aux normes internationales (IEC 61 215 ; IEC 61 646 et IEC 61 730).
- Origine de ces modules répartie entre l'Asie, l'Europe et la Tunisie.
- 40 % des modules sont de fabrication tunisienne.



4.2 Modules

4.2.1 Espacement entre les modules

- Pour 12 % des systèmes audités, l'espacement entre les modules était insuffisant.



V4 – Pas d'espacement entre les modules



V12 – Mauvais espacement entre les modules

Cet espacement permet la libre dilatation, de diminuer la prise au vent de l'installation et d'éviter les contraintes mécaniques pouvant entraîner le bris des modules.

4.2 Modules

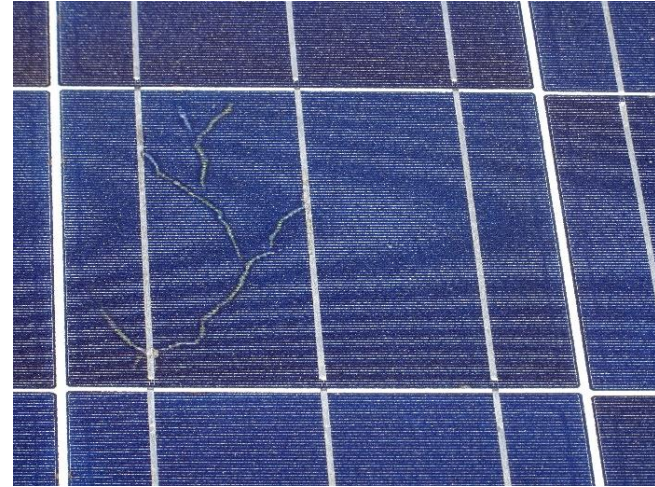
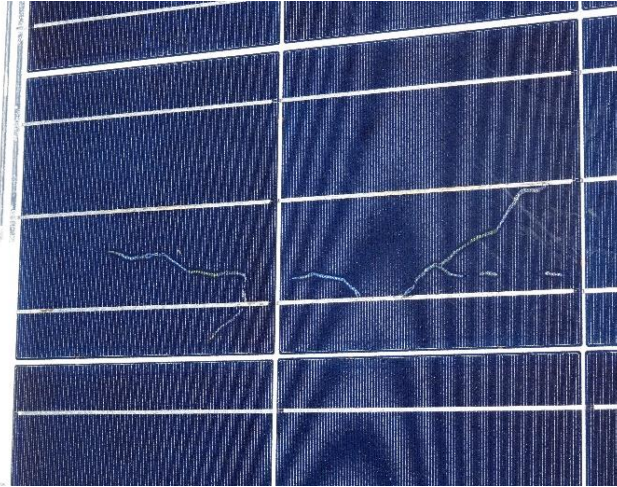
4.2.2 Défaits visuels sur les modules

- **Défaits visuels sur 19 % des systèmes :**
 - Des microfissures sur 11,5 % des systèmes, soit sur environ 74 modules sur les 860 installés (8,6% des modules installés).
 - Un brunissement des cellules sur 8% des systèmes, soit environ 90 modules sur les 860 installés (10,5% des modules installés).
- Ces défauts ont peu d'impact sur la puissance : -2% à -13% de la puissance (courbe I-V)

Bien entendu, les installations concernées devront être surveillées dans le cadre du SAV par l'installateur et les informations renvoyées aux fabricants de modules concernés.

4.2 Modules

4.2.2 Défaits visuels : Fissures



V7 – Fissures sur les cellules (MES 2015)



V13 – Fissures sur les cellules (MES 2017)

4.2 Modules

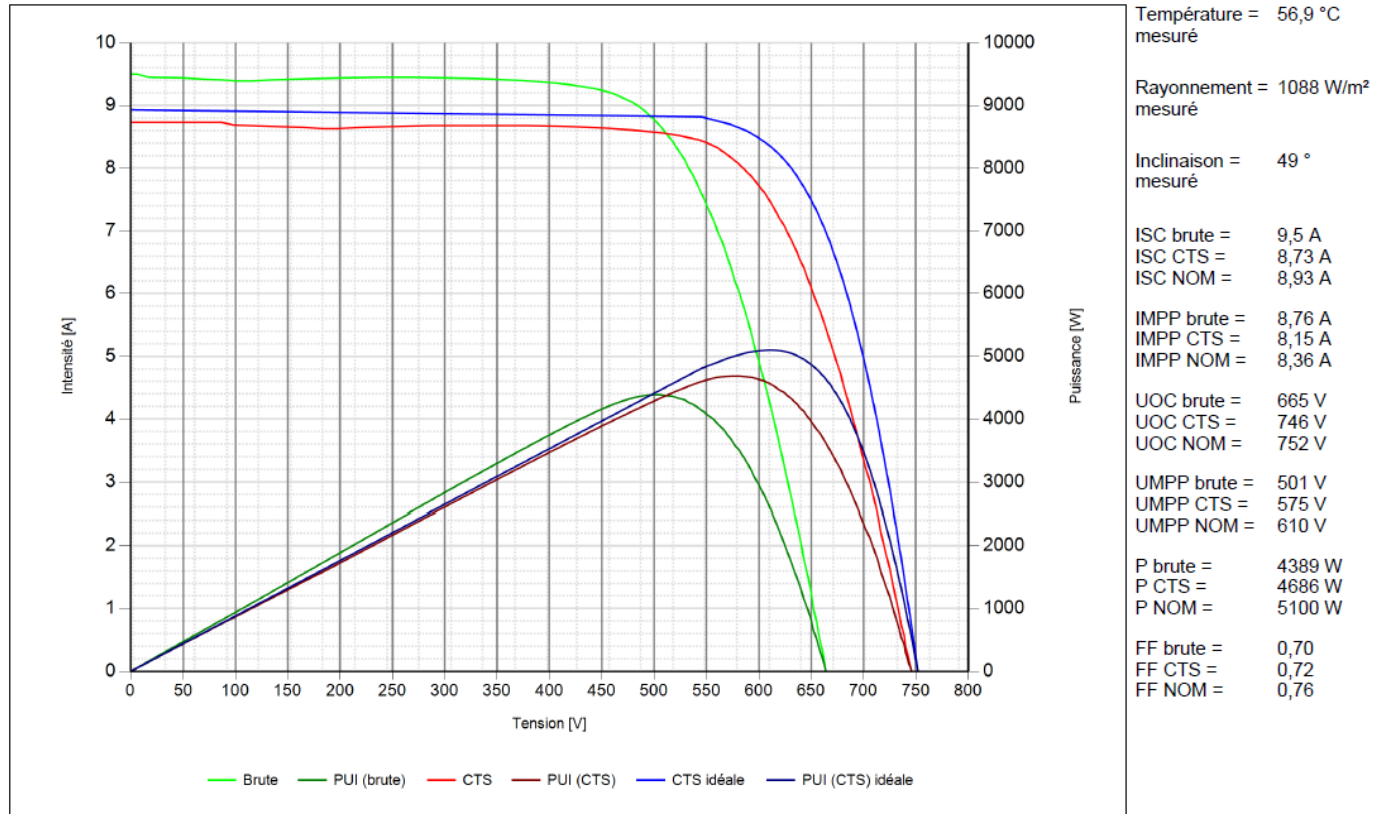
4.2.2 Défaits visuels : Fissures

Mesure avec TRI-KA 1

Début de mesure :06/03/2019 13:27:39

Fin de mesure :06/03/2019 13:27:54

Client: v13 / Installation: centrale ksar ghilene / Onduleur: ond 2 / Chaîne: ch 2



V13 – Courbe I-V, peu d'impact sur la puissance, écart de 8,1% entre puissance mesurée et théorique

4.2 Modules

4.2.2 Défauts visuels : Fissures



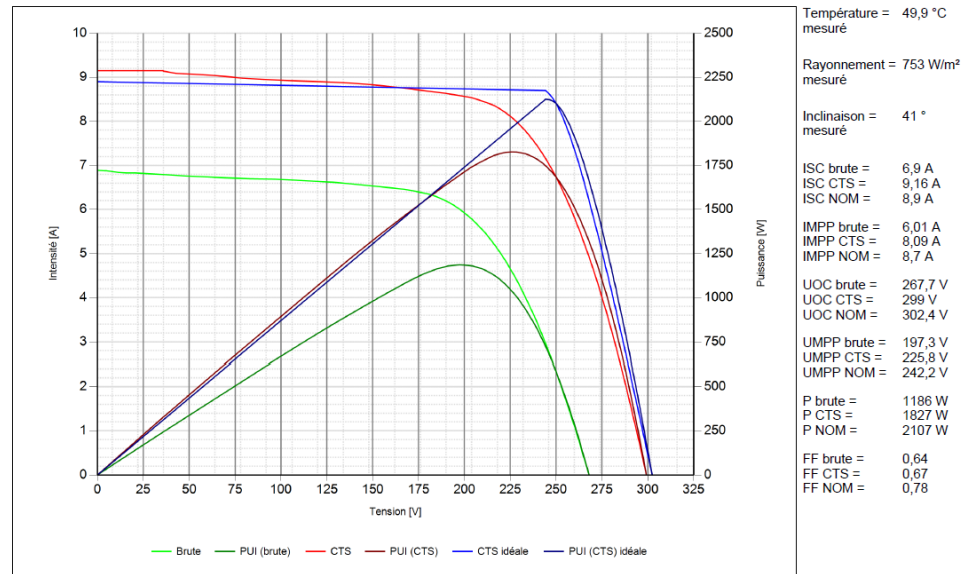
V14 – Défauts sur les cellules (MES 2006)

Mesure avec TRI-KA 2

Début de mesure :06/03/2019 15:19:22

Fin de mesure :06/03/2019 15:19:36

Cliant: v14 / Installation: usine dessal / Onduleur: variateur / Chaîne: ch 1



V14 – Courbe I-V, assez peu d'impact sur la puissance, écart de 13,3% entre puissance mesurée et théorique

4.2 Modules

4.2.3 Ombrages systématiques

- 8 % des systèmes audités sont concernés par ce type d'ombrage. Dans tous les cas, ces ombrages auraient pu être évités (V6, V11).

Les ombrages sont à éviter absolument lors de la conception d'une installation photovoltaïque pour éviter toute perte de production et de réduction de la durée de vie des modules.

4.2 Modules

4.2.3 Ombrages systématiques : dus à un bâtiment



V6 – Ombrage dû à un bâtiment aurait pu être évité en modifiant l'orientation (S-E à la place de S-O)

4.2 Modules

4.2.3 Ombrages systématiques : dus à des accessoires



V11



V11

4.2 Modules

4.2.3 Ombrages systématiques : dus à des accessoires



V11 - Echauffement des diodes dû à l'ombrage

L'activation des diodes by-pass pour protéger les modules contre les ombrages entraine leur échauffement et donc la réduction de leur durée de vie.

4.2 Modules

4.2.4 Ombrages liés à la végétation

- 20 % des systèmes de pompage sont confrontés à quelques ombrages en bas de champ PV.
- Les usagers ne perçoivent pas suffisamment la baisse de performance (débit d'eau légèrement inférieur)

L'entretien de la végétation proche est indispensable pour réduire au maximum ces ombrages.

4.2 Modules

4.2.4 Ombrages liés à la végétation



V17



V22



V22



V25

4.2 Modules

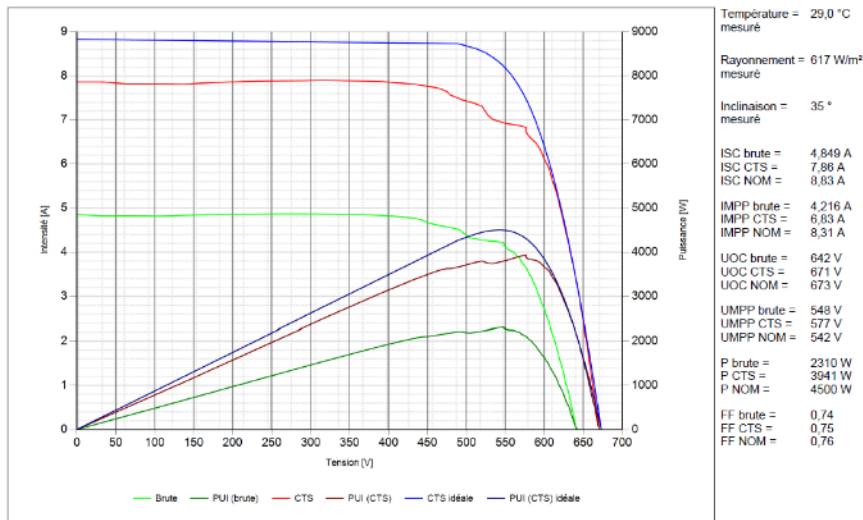
4.2.4 Ombrages liés à la végétation

Mesure avec TRI-KA 1

Début de mesure : 13/03/2019 16:15:20

Fin de mesure : 13/03/2019 16:16:36

Client: v25 / Installation: khaed rabeh / Onduleur: saj / Chaîne: ch 2



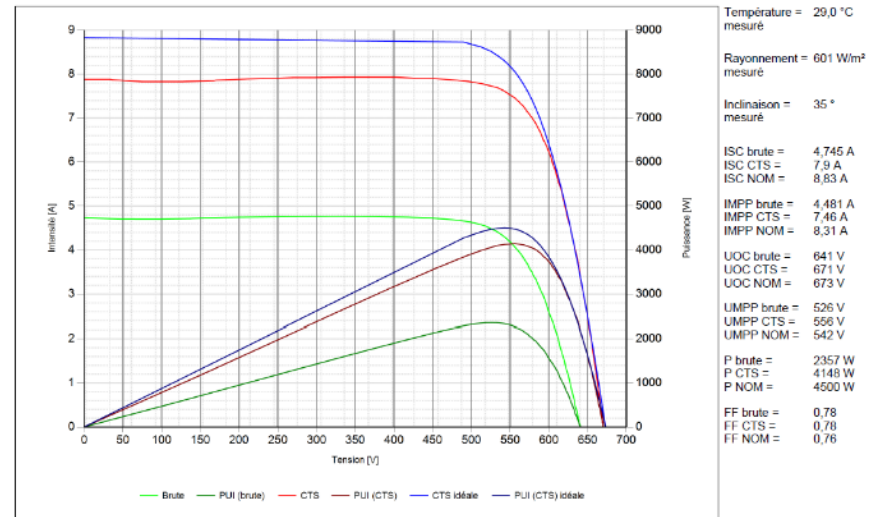
V25 - Avec ombrage végétal

Mesure avec TRI-KA 3

Début de mesure : 13/03/2019 16:18:36

Fin de mesure : 13/03/2019 16:18:52

Client: v25 / Installation: khaed rabeh / Onduleur: saj / Chaîne: ch 2



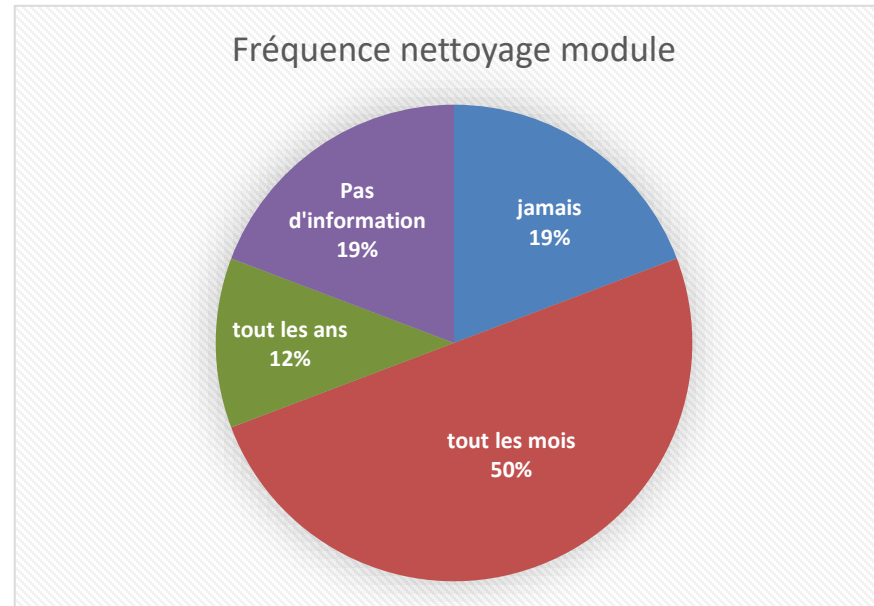
V25 -Après avoir retiré la végétation

- Réduction de la puissance :
 - 3 941 W avec ombrage
 - 4 148 W après avoir supprimé la végétation.

4.2 Modules

4.2.5 Nettoyage des modules

- 45 % des systèmes présentaient des problèmes d'encrassement
- 62 % des systèmes (d'après l'enquête usager) sont nettoyés au moins annuellement.



L'encrassement des modules peut affecter les performances du système. Un nettoyage régulier des modules est à prévoir pour garantir le bon fonctionnement du système dans le temps.

4.2 Modules

4.2.5 Nettoyage des modules : Encrassements liés aux fientes d'oiseaux



V5 – Encrassement lié aux fientes d'oiseaux



V9 – Encrassement lié aux fientes d'oiseaux



V13 – Encrassement lié aux fientes d'oiseaux



V14 – Encrassement lié aux fientes d'oiseaux

Pose de systèmes anti-volatiles à envisager au sommet des champs PV affectés

4.2 Modules

4.2.5 Nettoyage des modules : Encrassement causé par le sable, la poussière



**V26 – Ecrassement naturel (aucun nettoyage)
MES 2011**



**V16 – Encrassement naturel (avec perte de puissance
négligeable mesurée au TRIKA) (MES 2015)**

4.2 Modules

4.2.5 Nettoyage des modules : Encrassement lié au nettoyage des modules avec de l'eau pompée, très chargée en sel



**V24 – dépôt de minéraux en bas des modules
(cellule de gauche lavé par mes soins, cellule de droite nettoyé avec eau pompée)**



V24 – cellule lavée par mes soins...les autres en l'état

Nécessité d'apprendre aux usagers de ne pas laisser sécher les modules avec l'eau de pompage, sinon un dépôt de minéraux se dépose en particulier sur les dernières cellules de bas de modules.

4.2 Modules

4.2.5 Nettoyage des modules : Encrassement dû à l'activité humaine

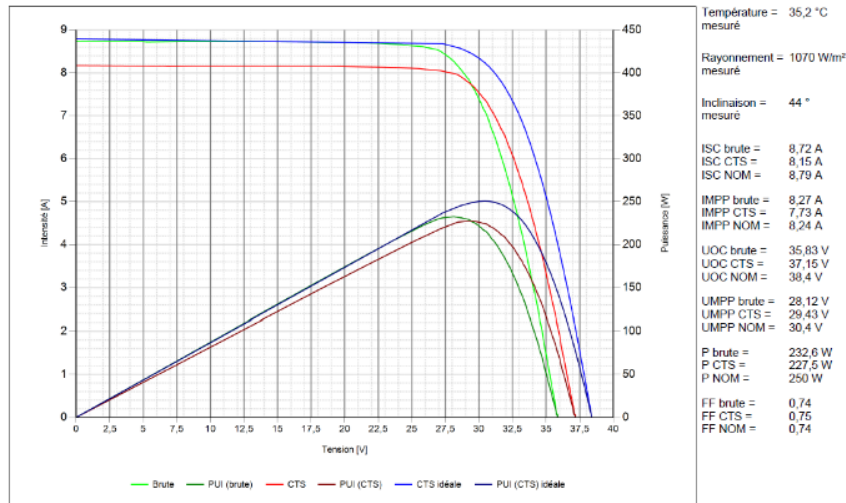


V18 – Encrassement dû à l'activité humaine – trace de projection de ciment lors du crépissage du mur....

4.2 Modules

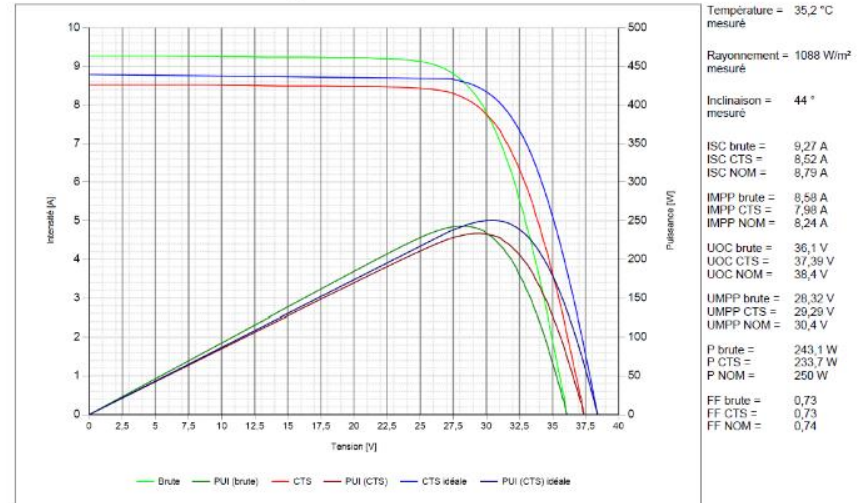
4.2.5 Nettoyage des modules : conséquences sur les performances des systèmes

Mesure avec TRI-KA 2 Début de mesure : 13/02/2019 12:38:33 Fin de mesure : 13/02/2019 12:38:47
Client: v5 - 131 Monastir / Installation: PVSI WS Energy / Onduleur: 2000w / Chaîne: mod 1



V5 – Courbe I-V d'un module avant nettoyage

Mesure avec TRI-KA 5 Début de mesure : 13/02/2019 12:49:16 Fin de mesure : 13/02/2019 12:49:31
Client: v5 - 131 Monastir / Installation: PVSI WS Energy / Onduleur: 2000w / Chaîne: mod 1



V5 – Courbe I-V d'un module nettoyé

- **Avant nettoyage** : 227 W, -9% par rapport à la courbe idéale
- **Après nettoyage** : 233 W, -6,5% par rapport à la courbe idéale

4.2 Modules

4.2.5 Nettoyage des modules : accessibilité

- 20 % des installations n'ont jamais été nettoyées depuis leur installation, principalement car l'accès aux modules pour le nettoyage est compliqué et/ou dangereux.



V18 – accès difficile (module en bordure de bâtiment)



V14 – accès difficile et dangereux

4.2 Modules

4.2.5 Nettoyage des modules : accessibilité



V13 – grande hauteur (modules inaccessibles)



V12 – accès dangereux

Il faut éviter de reproduire des champs PV trop hauts rendant difficile le nettoyage... et d'autant plus que les volatiles se perchent sur les modules du haut.

Rechercher une orientation strictement plein sud qui rend l'accès aux modules impossibles ou dangereux n'est pas pertinent. Il faut mieux s'écarter du sud de 10 à 25° et permettre l'entretien des modules.

4.2 Modules

4.2.5 Nettoyage des modules : cas de l'éclairage public

- Dans le cas de l'éclairage public, les modules ne sont jamais ou rarement nettoyés (sauf si contrat d'entretien) car l'accès au module est difficile → , nécessité d'une nacelle.



V15 – accès difficile, nécessité d'une nacelle



V15 – module légèrement encrassée (MES 2016)

4.2 Modules

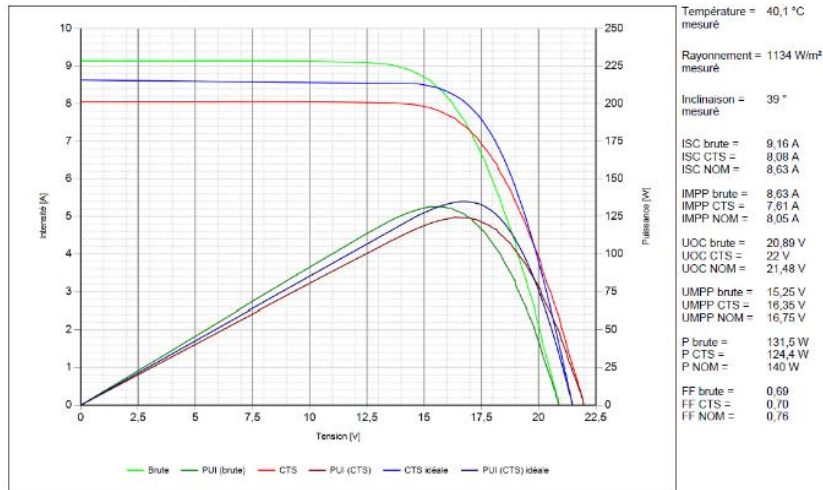
4.2.5 Nettoyage des modules : cas de l'éclairage public

Mesure avec TRI-KA 2

Début de mesure : 07/03/2019 13:18:30

Fin de mesure : 07/03/2019 13:18:45

Client: v16 / Installation: sun energy / Onduleur: candelabre / Chaîne: mod 1



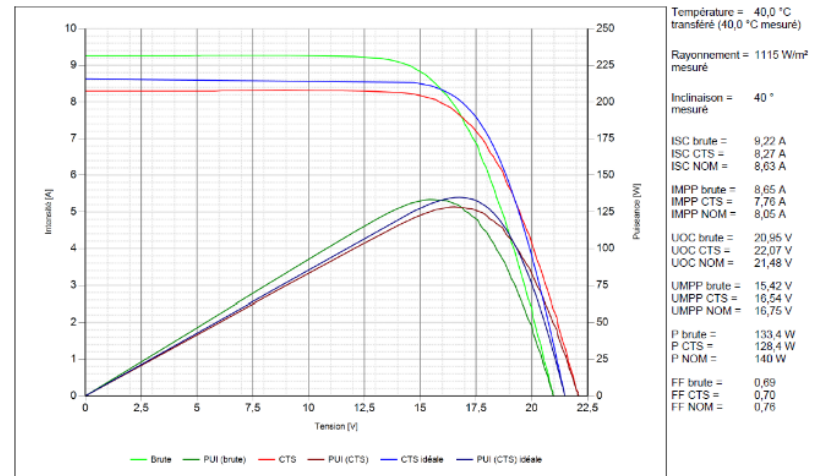
V16 – Courbe I-V module encrassé

Mesure avec TRI-KA 3

Début de mesure : 07/03/2019 13:33:10

Fin de mesure : 07/03/2019 13:33:23

Client: v16 / Installation: sun energy / Onduleur: candelabre / Chaîne: mod 1



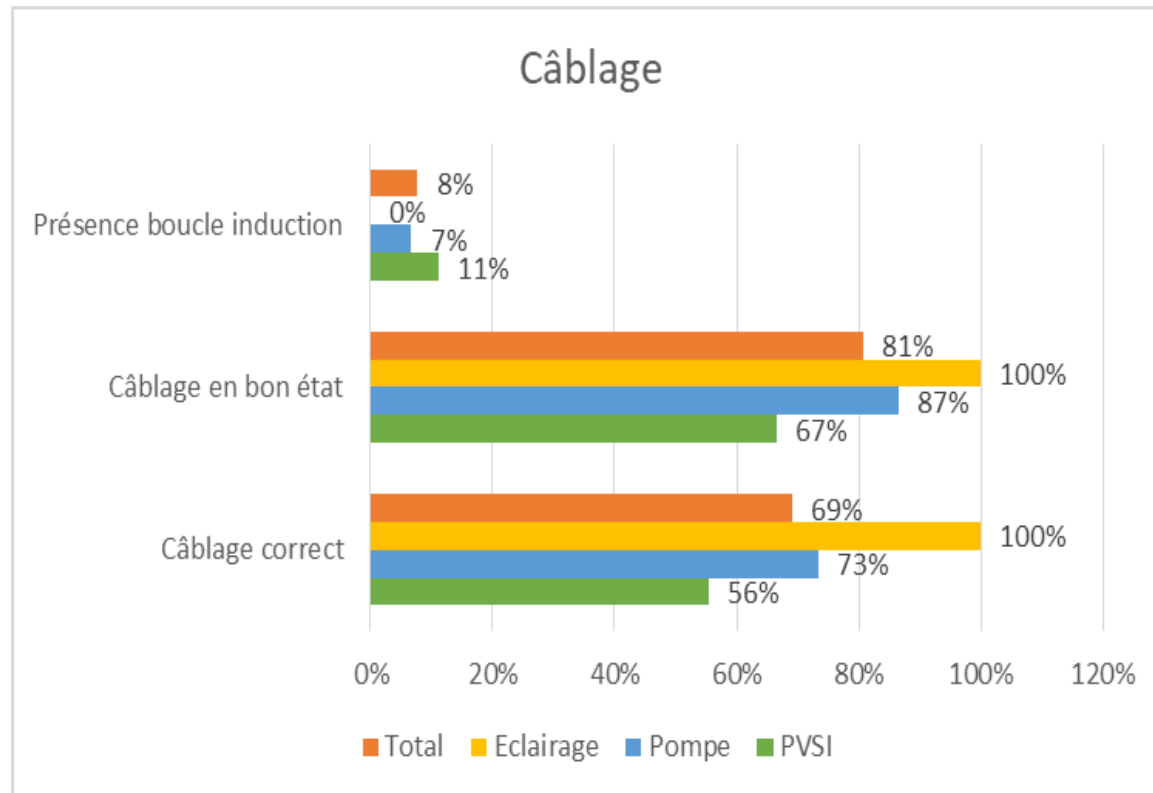
V16 – Courbe I-V module nettoyé

- Perte de puissance négligeable au bout de 4 ans (124 W à 128 W)

Il est suggéré de surdimensionner les modules PV pour l'éclairage public pour pouvoir se contenter d'un nettoyage pluriannuel (selon les sites : 2 ou 5 ans).

4.3 Câblage DC

- 81% des installations auditées avec câblage côté DC en bon état.
- Ce sont dans les systèmes PV en site isolé (*site PVSI*) que le câblage était le moins bien réalisé.



4.3 Câblage DC

4.3.1 Fixation des câbles



V4 – câbles non attachés



V21 – câbles non attachés

4.3 Câblage DC

4.3.1 Fixation des câbles



V 12 – Collier plastique blanc cassé



V 13 – Collier plastique blanc cassé



V10 - Collier métallique durable



V10 - Collier métallique durable

Il faut éviter d'attacher les câbles à la structure avec des colliers en plastique blanc, car ceux-ci cassent en quelques mois à cause du soleil et de la chaleur. Les câbles ne sont plus maintenus. Il faut préférer les colliers métalliques.

4.3 Câblage DC

4.3.2 Chemins de câbles et protections mécaniques des câbles



V 10 - Câbles correctement protégés (le capot a été enlevé pour la photo)



V14 – Gains de câbles abimés -utilisation de gaines non résistantes aux UV (MES 2006)



V14 – Mauvais état gaines de câble (MES 2006)



V22 – Mauvais état gaine de câble – gaine non adaptée (MES 2017)

4.3 Câblage DC

4.3.2 Chemins de câbles et protections mécaniques des câbles



V5 - chemin de câbles tranchant, absence de protection renfort



V5 – Câble protégé au passage dans chemin de câble métalliques

4.3 Câblage DC

4.3.3 Boucle d'induction

- 8 % des installations auditées (hors éclairage) avec boucles d'inductions.



V17 – Les deux câbles (+ et -) ne cheminent pas dans le même chemin de câble

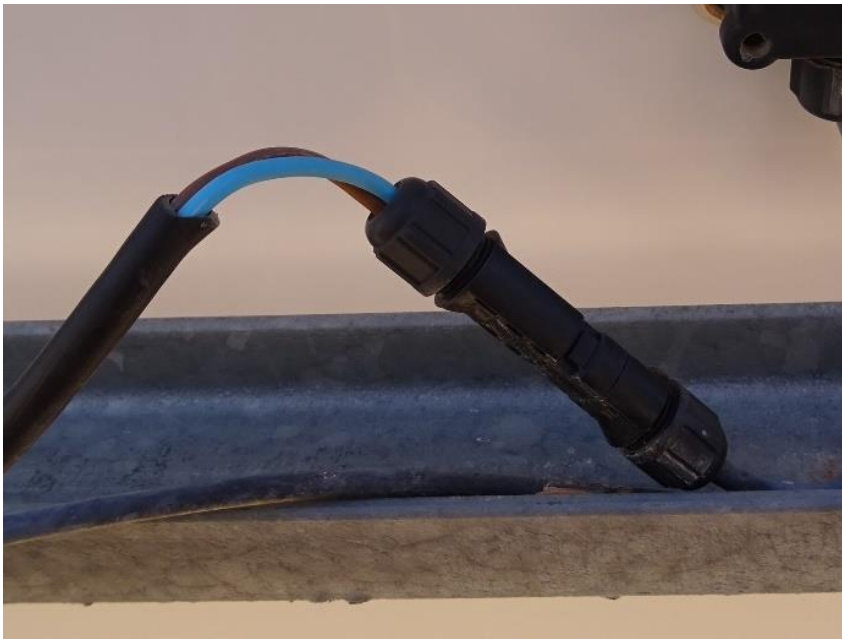


V11 – Câbles non jointifs

Si boucle d'induction, le câblage doit être repris pour les supprimer.

4.4 Connectique côté modules PV

- 96% des cas des systèmes audités (hors éclairage public) sont équipés de connecteurs MC4 ou similaires. Sur un seul site (V14), il y a des travaux modificatifs sans respect des règles de l'art et avec des connecteurs divers.



V14 – Connecteurs non compatibles



V6 – Connection faite avec des dominos, connexion interdite

4.4 Connectique côté modules PV



V13 – changement des 2 connecteurs après un arc électrique (suite à une mauvaise manipulation)



V13 – changement des 2 connecteurs

Il est impératif d'utiliser des connecteurs compatibles conformes à la norme NF EN 50521 et d'utiliser une pince à sertir MC4.

4.4 Connectique côté modules PV

- Dans 96 % des cas les connecteurs étaient en bon état.



V1 – Connecteur en mauvais état avec dépôts de sels (installation proche de la mer)



V7 – Connecteur sale (mais situation inévitable dans les zones semi-désertiques)

4.5 Parc batteries des sites isolés

- Echantillon de 11 systèmes avec batteries
- Etat général visuel des batteries correct dans 33% des systèmes
- 78% des systèmes fonctionnaient quand même (V2 et V6 non opérationnels)



V1 – Batteries en mauvais état (traces de corrosion)



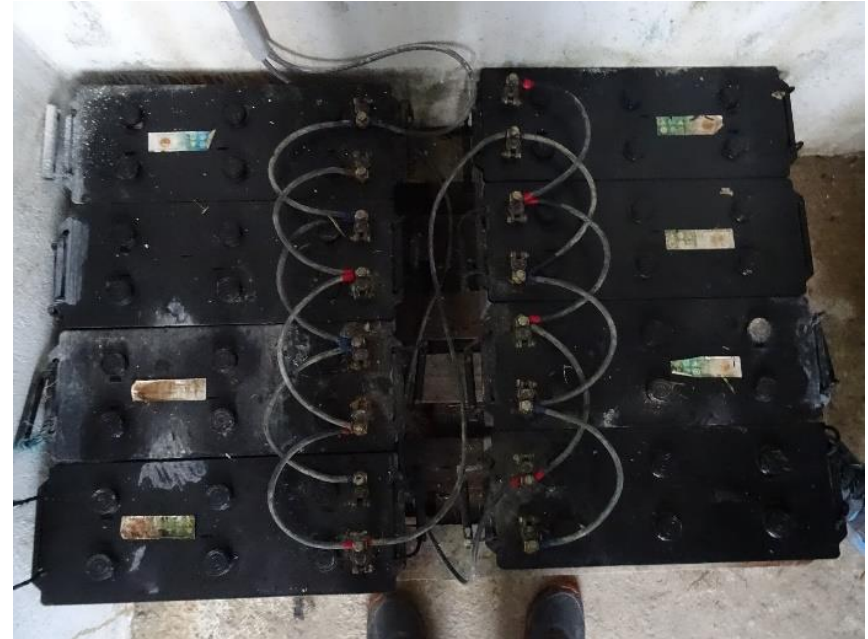
V3 – Batteries en mauvais état

4.5 Parc batteries des sites isolés

4.5.1 Choix et interconnexion de batteries



**V14 – Batteries de capacité différentes mise en série
60 éléments de 2 V et 7 monoblocs de 12 V**



**V2 – 2 x 4 batteries en parallèles (4 batteries en //) –
systèmes en 24 V**

En règle générale, il faut préférer des parcs de batteries (12, 24 ou 48V) constitué d'éléments de 2 V (de même capacité) mis en série, plutôt que d'installer des batteries monobloc de 12 V (en série/parallèle).

Au maximum 3 batteries 12 V peuvent être branchées en parallèle

4.5 Parc batteries des sites isolés

4.5.2 Emplacement - localisation

- 100 % des cas audités ont les batteries protégées du soleil
- 22 % des batteries PVSI sont placées dans un local dédié
- 44 % de ces locaux dédiés aux batteries ont la possibilité d'être fermés pour des raisons de sécurité (risques de court-circuit, risque incendie).
- 44 % des batteries des systèmes PVSI sont dans des locaux avec une ventilation haute et basse et opposée pour la circulation d'air afin d'évacuer les émissions de gaz (cas des batteries ouvertes).

4.5 Parc batteries des sites isolés

4.5.2 Emplacement - localisation



V1 – Le sol doit être résistant à l'acide



V4 – Le sol doit être résistant à l'acide

Un local enterré pour les batteries permet de garantir une température intérieure du local de 20°C toute l'année et ainsi augmenter la longévité des batteries (V14, batteries encore opérationnelles après 13 ans de service).

4.5 Parc batteries des sites isolés

4.5.2 Emplacement : Cas de l'éclairage public

- Batteries de type étanche gel
- Coffrets à l'ombre des panneaux, ventilés et protégés par un cadenas



V16 – Coffret batterie ventilé et fermé avec un cadenas



V 16 - Batterie étanche 150 Ah

4.5 Parc batteries des sites isolés

4.5.2 Emplacement : Cas de l'éclairage public



V15



V15

Envisager d'installer d'un système de protège cadenas et d'augmenter la hauteur des luminaires pour réduire davantage les vols de batterie...

4.5 Parc batteries des sites isolés

4.5.3 Protection des batteries et câbles des batteries



V5 – fusible 50 gG avec $I = 20\text{ A}$ mesuré



V5 – Photo caméra IR
Impact du fusible sous-dimensionné (avec $I = 20\text{ A}$)

L'absence de protection des batteries peut entraîner un risque d'incendie en cas de court-circuit. Il est donc important de mettre des fusibles de type DC pour protéger les câbles et les batteries. Leur dimensionnement doit permettre le passage du courant sans échauffement (donc sans chute de tension, doit être inférieure à 0,05 V par exemple).

4.5 Parc batteries des sites isolés

4.5.4 Câbles et cosses

- Les sections observées étaient correctes.
- Le serrage des connexions au niveau des batteries était correct



V4 – Corrosion des cosses – défaut de nettoyage

4.5 Parc batteries des sites isolés

4.5.5 Maintenance et niveau d'électrolyte

- 33 % des systèmes présentaient un lisibilité insuffisante niveaux d'électrolyte.
- 80 % des systèmes PVSI où le niveau d'électrolyte était accessible à la lecture possédait un niveau correct d'électrolyte



V13 – Niveau d'électrolyte insuffisant



V14 – Niveau correct d'électrolyte

4.6 Coffret régulateur

4.6.1 Emplacement

- 66% des sites PVSI audités ne permettait pas d'accès facile aux batteries (sauf sites V13, V14, V26)
- 100 % des régulateurs et les autres composants associés étaient installés dans un endroit protégé du soleil et de la pluie.



V1 – Régulateur placé au-dessus des batteries, accès difficile



V2 – Régulateur au-dessus du parc batteries

Ne pas installer les batteries sous les autres coffrets électriques (régulateur, onduleur, etc.). Elles rendent l'accès difficile et dangereux à ces derniers.

4.6 Coffret régulateur

4.6.2 Protection électrique

- 100% des sites PVSI étaient équipés d'une protection entre le champ PV et le régulateur (moyen de sectionnement et/ou fusibles).
- 67 % des sites PVSI étaient équipés d'une protection entre le régulateur et l'onduleur (fusibles).

Il faut éviter désormais les régulateurs qui ne sont pas MPPT dans toutes les futures installations, quelle que soit leur puissance.

4.7 Onduleur / Variateur

- 100 % des onduleurs/variateurs audités étaient installés dans un endroit protégé du soleil.



V13 – Onduleurs bien installés



V18 – Coffret onduleur/variateur avec ventilation forcée

4.7 Onduleur / Variateur



V23 – Coffret percé sur le côté et sur le dessus



V23 – Trou latéral non étanche aux insectes



V10 - Ventilation assurée par porte ouverte et un grand trou dans l'armoire



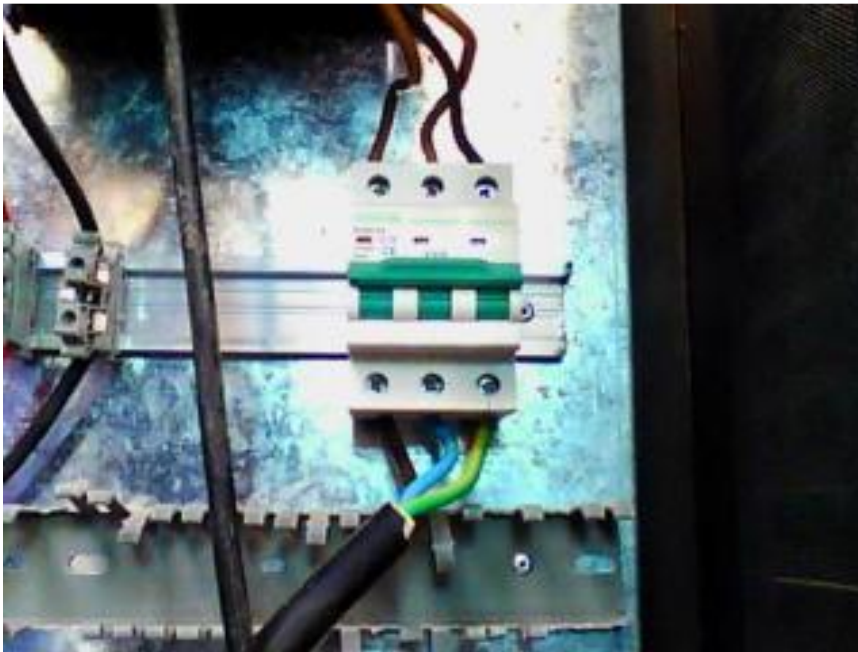
V13 - Ventilateur rajouté pour tenter de refroidir un local avec 4 onduleurs connectés réseau (4 x 5 kVA) + 2 onduleurs chargeur 2 x 10 kVA

Une ventilation croisée est recommandée pour favoriser une bonne ventilation naturelle ou forcée. Attention au sens de la circulation d'air forcée (sens de rotation ou fixation des ventilateurs)

4.8 Coffret AC/DC

4.8.1 Disjoncteur AC

- 100 % des systèmes PVSI était équipé d'au moins un disjoncteur côté AC.
- 67 % des systèmes de pompage était équipé de disjoncteur côté AC.



V21 – Disjoncteur sous-dimensionné



V21 – Disjoncteur sous-dimensionné : échauffement

Il est jugé indispensable de prévoir un disjoncteur entre sortie variateur et pompe

4.8 Coffret AC/DC

4.8.2 Parafoudre

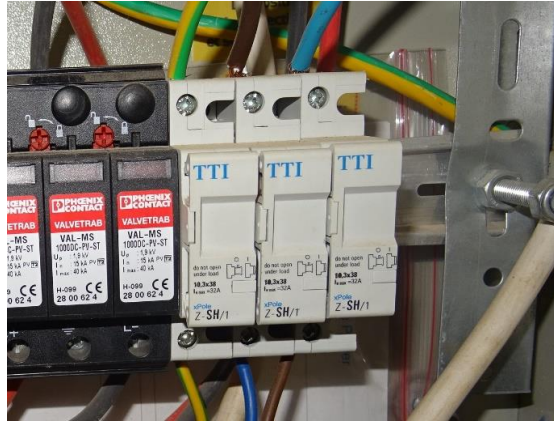
- 96 % des installations (hors éclairage public) étaient équipées de parafoudre Type II dans tous les coffrets DC et ceux-ci étaient bien dimensionnés.
- Il a été constaté un seul parafoudre en mauvais état qui entraînait d'ailleurs un défaut d'isolement détecté par un onduleur sur une mini-centrale off grid 20 kW (V13).

Pour les installations de taille importante (et côté DC), il est conseillé de mettre des parafoudres pour protéger contre les coups de foudre indirects.

4.8 Coffret AC/DC

4.8.3 Serrage et connexion coffret DC / AC

- Dans 63 % des installations auditées, le serrage était correct. Les mauvais serrages ont été détectés à la caméra infra-rouge.



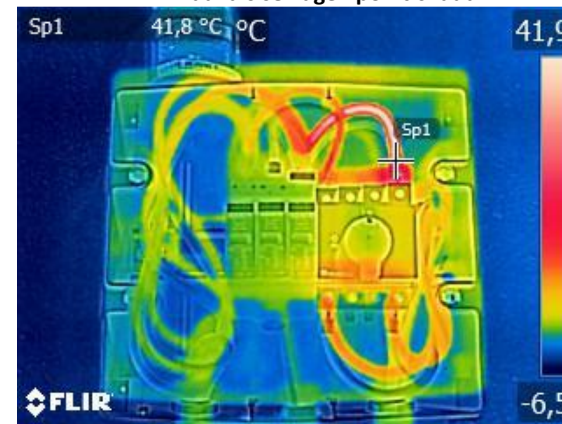
V12 – Mauvais serrage



V12 – Mauvais serrage : point chaud



V19 – Mauvais serrage

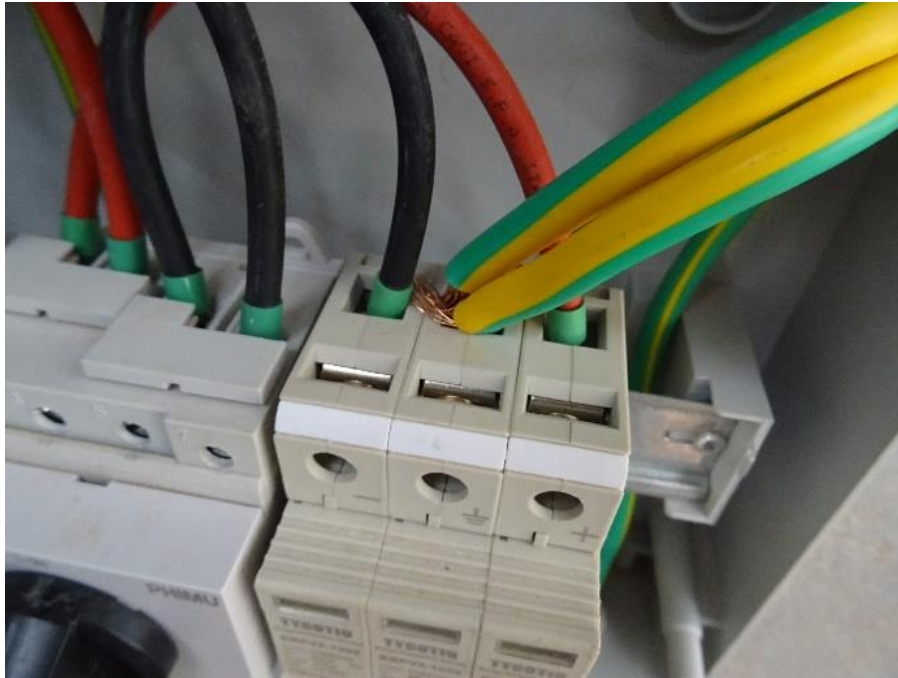


V19 – Mauvais serrage : point chaud

Il faut donc veiller au serrage et resserrage régulier des connexion

4.8 Coffret AC/DC

4.8.3 Serrage et connexion coffret DC / AC



V22 – Manque embouts de câblage



V22 – 3 fils dans un emplacement

Préférer les embouts de câblage pour éviter les risques de court-circuit et de mauvais contacts.

4.8 Coffret AC/DC

4.8.4 Câblage des coffrets DC / AC

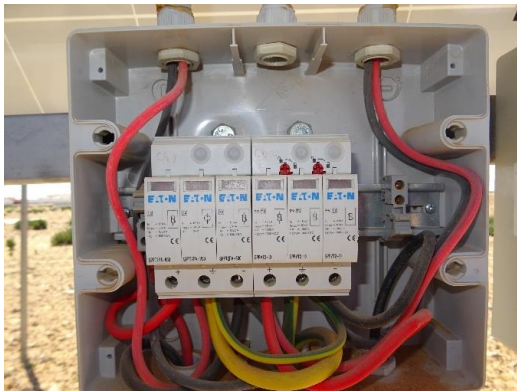
- Plusieurs coffrets extérieurs sont câblés avec les câbles arrivant par le haut, avec risques inévitables d'infiltrations d'humidité, d'eau, etc.



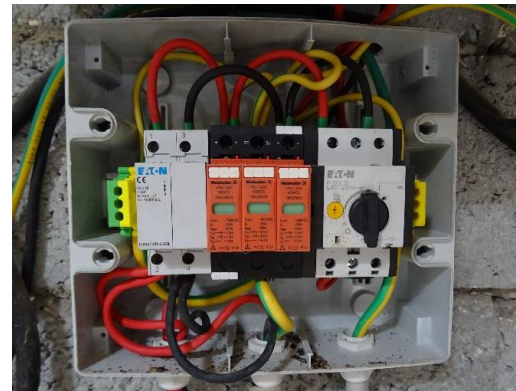
V1 – coffret DC



V1



V13



V17

4.9 Pompes et systèmes de pompage

- 100% des pompes auditées étaient fonctionnelles
- Toutes les pompes auditées sauf une (Pompe Lorentz – V11) sont des pompes immergées standards alimentées en triphasé.
- Les pompes étaient alimentées auparavant par groupe électrogène



V19 (avant)



V19 (après) - armoire de droite obsolète désormais

4.10 Généralités

4.10.1 Mise à la Terre

- 100 % des systèmes avaient une prise de terre (hors éclairage public).
Prise de terre plutôt bien réalisée dans 95% des cas.
- 42 % des installations auditées (hors systèmes d'éclairage public) présentent une MALT de toutes les masses métalliques.

Toutes les masses des installations photovoltaïques de pompage et PVSI doivent être reliées à la terre. Ceci inclut les structures métalliques, les cadres des modules, les chemins de câbles métalliques, l'onduleur/variateur et les parafoudres.

4.10 Généralités

4.10.1 Mise à la Terre



V2 – MALT via les cadres des module (méthode incorrecte)



V12 – MALT des structures et des cadres des modules inexistante



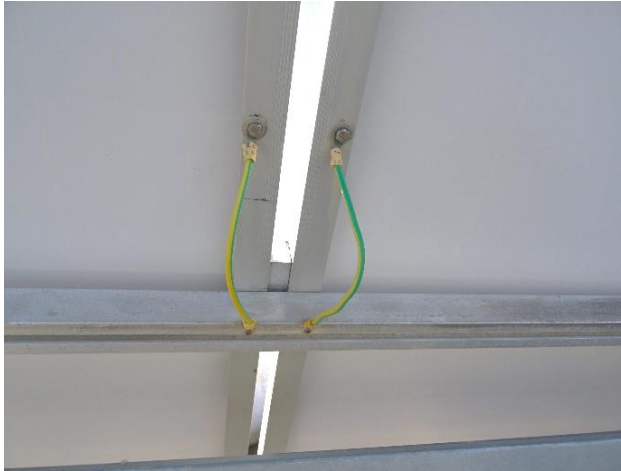
V1- MALT incorrecte



V 4 - Connection ver-jaune faire sans cosse (corrosion)

4.10 Généralités

4.10.1 Mise à la Terre



V5 – MALT correcte des structure et cadres des modules



V23 – MALT correcte



V10 – MALT correcte des chemins de câbles



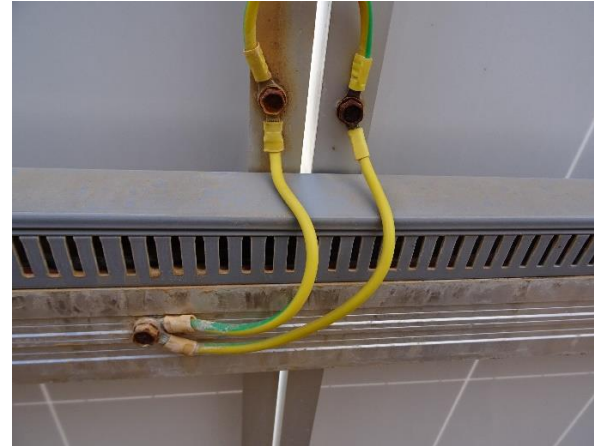
V10 – MALT correcte des chemins de câbles

4.10 Généralités

4.10.1 Mise à la Terre



V1 – Corosion accessoire MALT



V7 – Corosion des accessoires de MALT

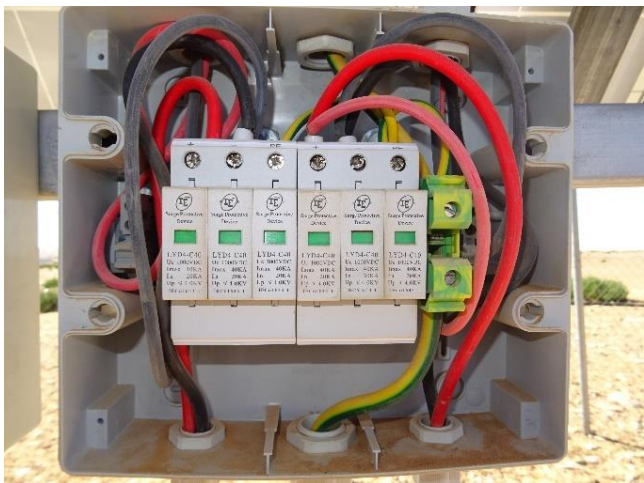


V11 – Mauvais etat cable MALT

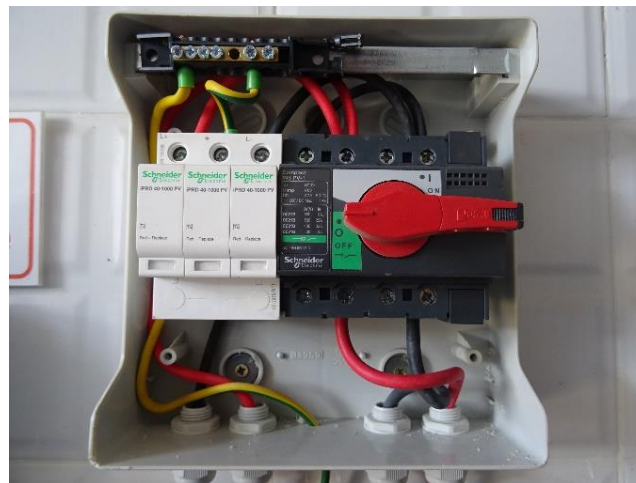
La qualité des matériaux est critique pour la pérennité des MALT

4.10 Généralités

4.10.1 Mise à la Terre



V13 – Coffret DC avec MLT des parafoudres



V5 – MALT correcte



V13 – MALT onduleur/chargeur



V25 – MALT coffret électrique

4.10 Généralités

4.10.2 Signalétique

- 37% des systèmes audités (hors éclairage) n'ont pas de signalétique complète ou pas du tout.



V7 – Signalétique correcte



V25 – Bonne signalétique



V23 – c'est clair, il y a danger

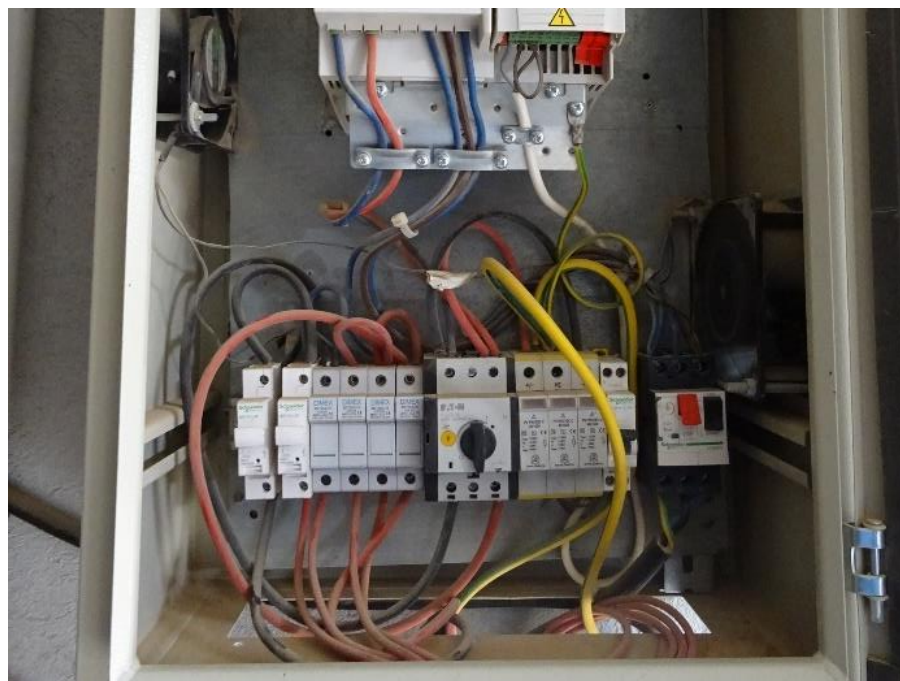


V23 – c'est clair : il y a danger

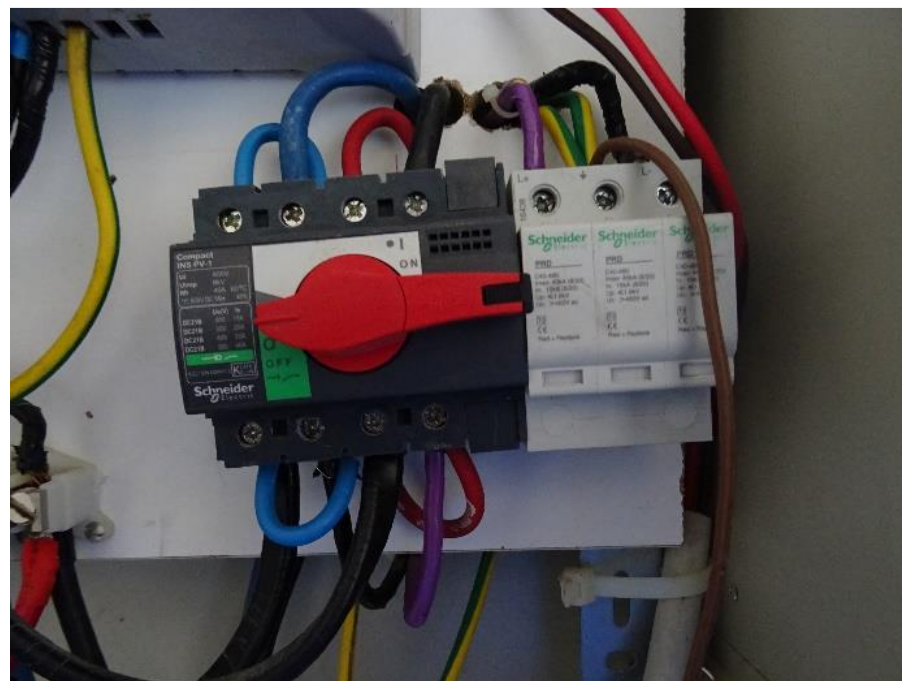
4.10 Généralités

4.10.3 Respect code couleur

- 23 % des installations comportent des non-respects du code des couleurs, principalement côté AC triphasé.



V18 – Mauvais code couleur côté DC (+ et – rouge)



V6 – Câblage sans respect strict des couleurs

4.10 Généralités

4.10.4 *Présence d'animaux*

- Animaux ou insectes présents dans 12 % des installations



V17 – Nid de guêpe à l'arrière des modules



V8 – Nid d'insectes à l'arrière des modules



V13 – Nid d'oiseau à l'arrière des modules



V15 – Nid d'oiseau à l'arrière des modules

4.10 Généralités

4.10.5 Propreté local technique

- 33 % des locaux techniques sont propres et en bon état.



V6 – local technique encombré

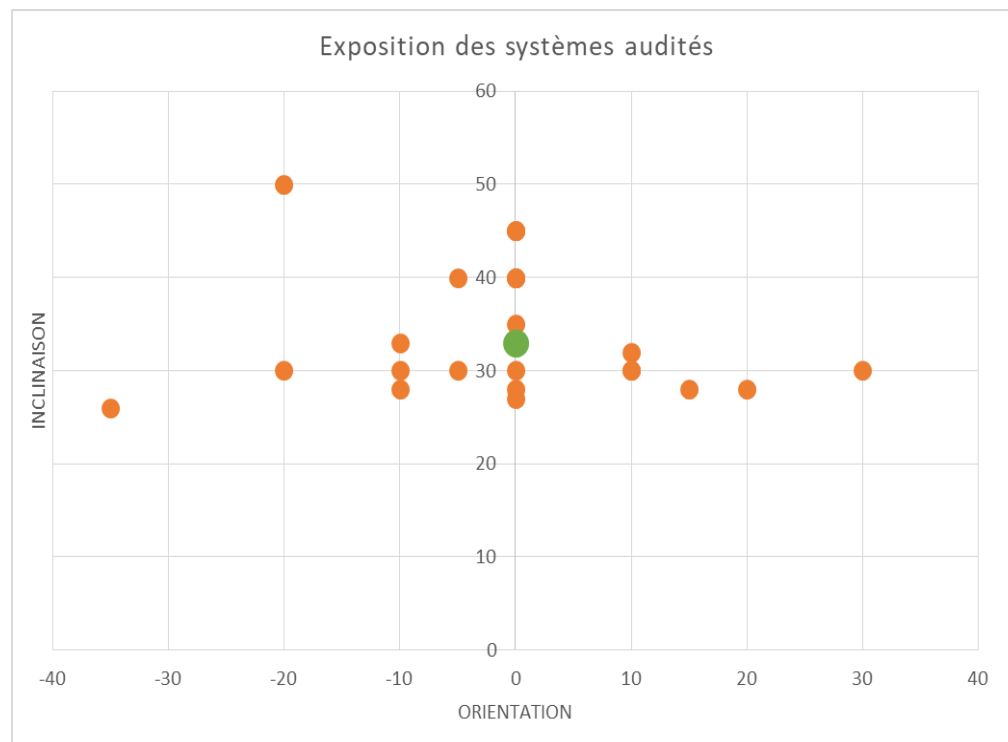


V13 – Local technique sale

4.11 Performances

4.11.1 Exposition : orientation et inclinaison

- Inclinaison moyenne des systèmes audités est de 34°.
- 92 % de ces systèmes sont orientés à plus ou moins 25° du Sud.
- L'exposition des systèmes est, en moyenne, proche de l'exposition optimale, et représente une faible diminution du productible



4.11 Performances

4.11.1 Exposition : orientation et inclinaison : Tracker

- Suit la courbe du soleil
- Phase de test
- Attention à la tenue au vent et à la fiabilité du système



V21 – Système avec tracker

4.11 Performances

4.11.2 Production électrique des systèmes PV

- 1 seule installation possédait un compteur d'énergie (V26)



V26 – Compteur d'énergie

Un compteur est pourtant essentiel pour connaître la production et pouvoir évaluer les performances de l'installation. Certains utilisateurs souhaiteraient avoir un compteur pour pouvoir suivre le fonctionnement de l'installation

4.11 Performances

4.11.3 Comptage / Performances des systèmes de pompage

- 27% des installations équipées de compteurs fonctionnels. Dans les autres cas, les compteurs ont été enlevés par les utilisateurs



V19 – Présence de compteur d'eau (opérationnel)



V9 – Présence de compteur d'eau

Les compteurs d'eau sont nécessaires pour le suivi de l'installation et pour savoir si les performances de l'installation sont cohérentes avec celles annoncées.

4.11 Performances

4.11.3 Comptage / Performances des systèmes de pompage

Variateur			
Marque		Origine	% / total
LS	7,5 kW ; 7,5 kW ; 5 kW; 12 kVA	Corée	25%
Guangzhou Sanjing electric / SAJ	5,5 kW ; 7,5 kW ; 5,5 kW ; 5,5 kW ;	Chine	25%
ABB	4 kW ; 11 kW ; 5,5 kW	Finlande /Chine	19%
power electronics	11 kW		6%
Fuji electronics	15 kW	Japon	6%
Lorentz	1,8 kW	Allemagne / Chine	6%
Invt	15 kW	Chine	6%
Toshiba	11kW	Indonésie	6%

	min	max	moyen
Rapport Pvar/Ppompe	1,00	2,73	1,40
Rapport Pc/Ppompe	1,25	2,25	1,76

Le manque de données précises sur les performances ne permet pas de conclure sur les performances.

Néanmoins, les usagers sont satisfaits à 100% du volume pompé journalier, preuve tangible du bon fonctionnement et de performances a minima acceptable.

4.11 Performances

4.11.4 Puissance des modules - Courbe I-V

- 70% des systèmes audités ont bénéficié de la mesure de la caractéristique I-V (chaines ou modules)



V22 – Mesures courbe I-V



Appareil utilisé TRI-KA et TRI-SEN

4.11 Performances

4.11.4 Puissance des modules - Courbe I-V

	Pc installée	Pc mesurée	Ecart	Remarque	MES
V1	250	-	-	Pas de mesure	2015
V3	260	226,4	-12,90%		2017
V4	420	381,4	-9,20%		2012
V5	250	227,5	-9,00%	Module encrassé/ fientes	2016
		233,7	-6,50%	Après nettoyage	2016
V7	5000	4853	-2,90%	Fissure	2015
V8	4500	4385	-2,50%	Brunissement	2013
V9	5000	4612	-7,80%	Module encrassé / fientes de pigeons	2016
V10	5200	5072	-2,50%		2017
V11	1250	995	-20,40%	Ombrage	2015
V12	4500	3855	-14,30%		2016
V13	5100	4686	-8,10%	Fissure	2017
V14	2107	1827	-13,30%	Fissure et modules de 2006	2006
V16	140	124,4	-11,10%	Module encrassé (poussières/sables)	2015
		128,4	-8,30%	Après nettoyage	2015
V21	4230	3822	-9,60%	Brunissement	2014
V22	5300	5364	1,20%		2017
V23	4000	3719	-7,00%		2015
V24	4500	4529	0,60%		2016
V25	4500	3941	-12,40%	Avec ombrage	2016
		4148	-7,80%	Sans ombrage	2016
Ecart moyen			-8,19%		

4.11 Performances

4.11.5 Sécurité des intervenants



V 12 - Accès très dangereux au coffret électrique



V13 – Accès dangereux du local technique
« électrique » vers le local « batterie » en
chevauchant les deux escaliers

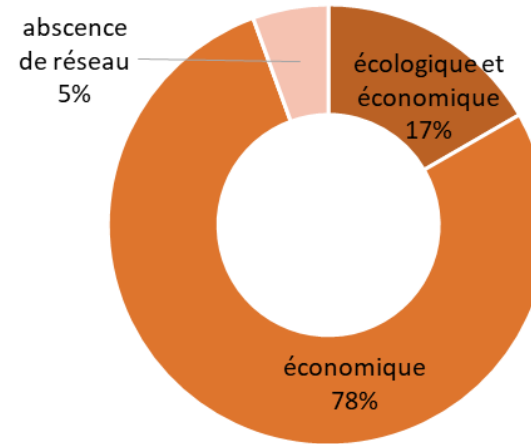


V13....dangereux ans les deux sens

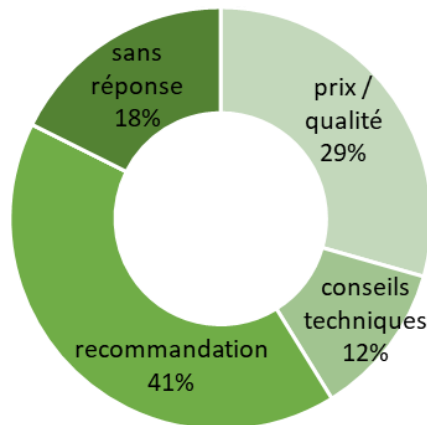
4.12 Questionnaire usagers/ clients

- Avis pour 69% des sites audités (89 % des sites PVSI, 67 % des sites de pompage et 0% des sites d'éclairage).

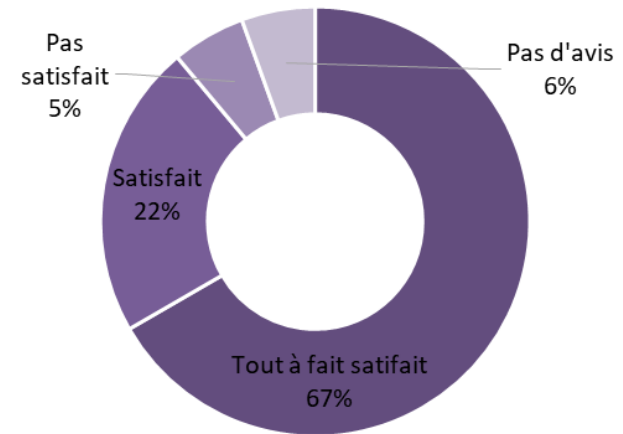
Qu'est-ce qui vous a motivé pour installer un système PV ?



Quels critères vous ont permis de choisir votre installateur ?

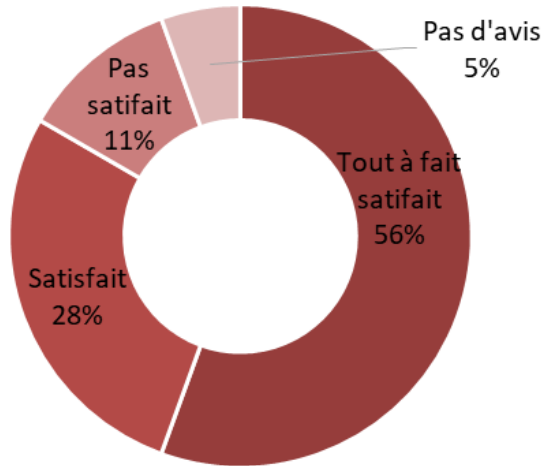


Êtes-vous satisfait par rapport à ce qui vous avait été annoncé ?

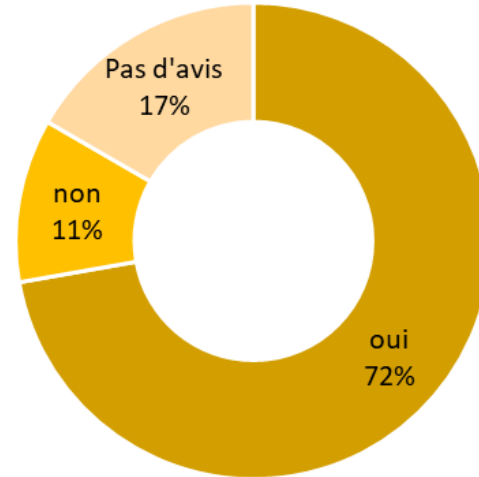


4.12 Questionnaire usagers/ clients

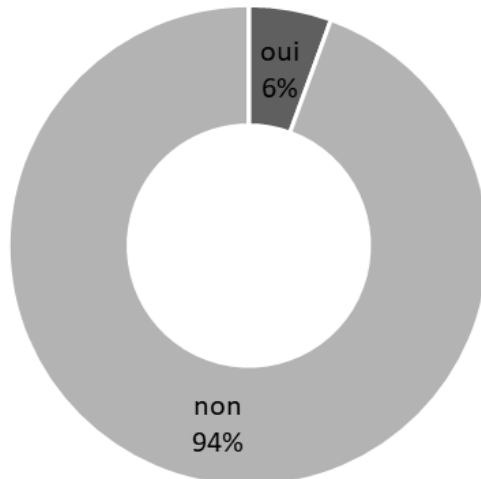
Êtes-vous satisfait de la production ?



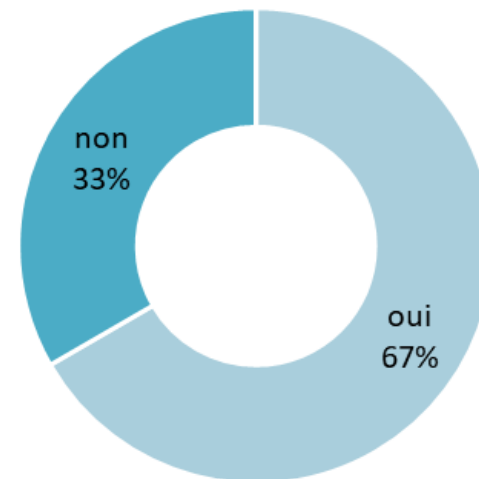
Avez-vous été sensibilisé par l'installateur aux économies d'électricité / d'eau ?



Effectué vous des relevés de production (électricité/eau) ?

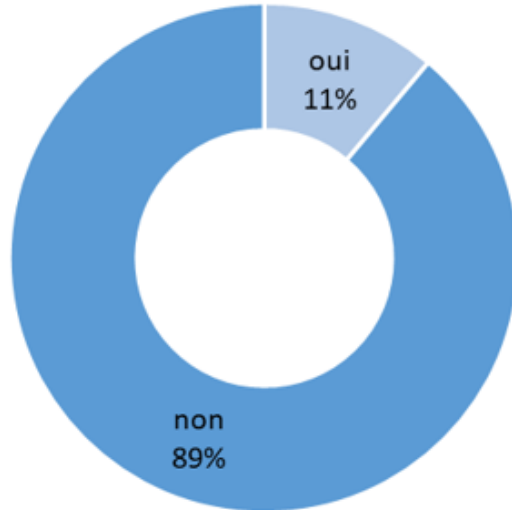


Est-ce que vos besoins sont satisfaits ?

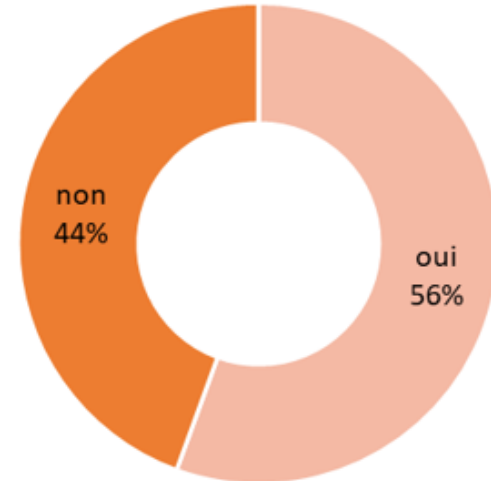


4.12 Questionnaire usagers/ clients

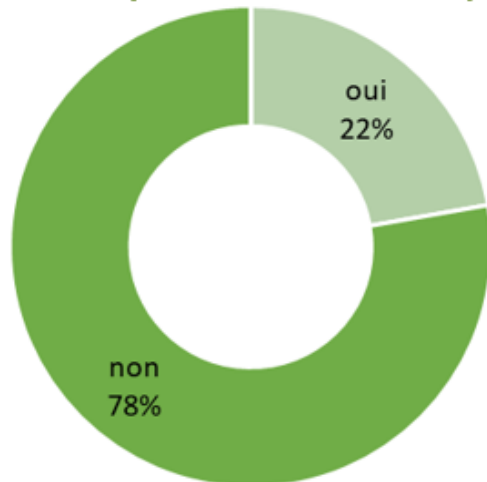
Avez-vous ajouté des appareils depuis la première mise en service ?



L'énergie stockée (dans les batteries / château d'eau) est-elle suffisante en cas de mauvais temps ?



Avez-vous eu de mauvaise surprise (panne, manque d'eau, dysfonctionnement, ...) ?

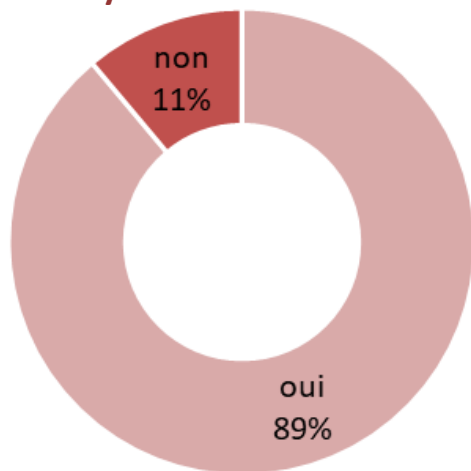


Cause de « mauvaise surprise » :

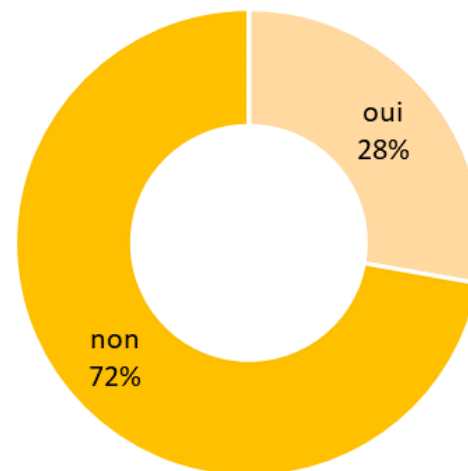
- V2 : Batteries non chargées à cause du mauvais temps
- V6 : dysfonctionnement et panne des batteries, du régulateur et de l'onduleur
- V14 : panne de l'onduleur principal en 2013 (MES 2006)
- V18 : problème avec la pompe (sable dans le puit) et manque d'eau

4.12 Questionnaire usagers/ clients

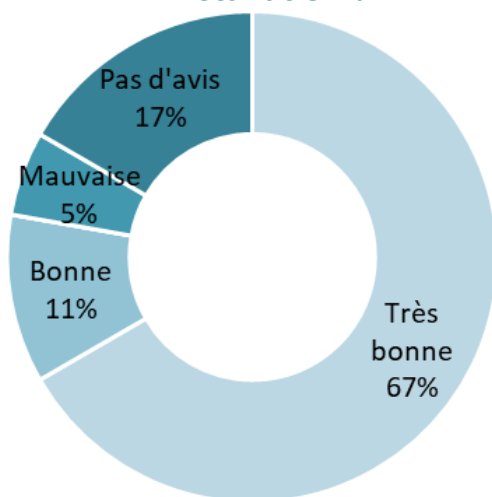
Nettoyez-vous vos modules ?



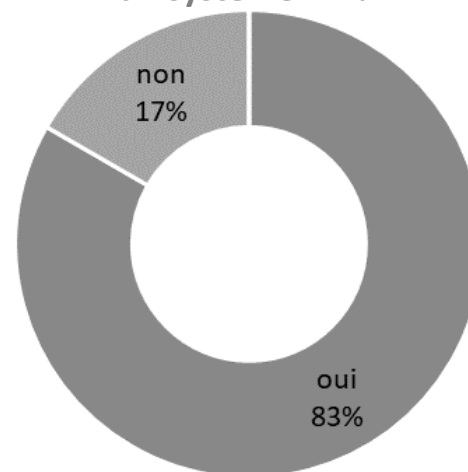
Menez-vous d'autres actions d'entretien ?



Quelle est votre satisfaction générale de l'installation ?



Recommanderiez-vous autour de vous de faire/avoir un système PV ?



Plan de la présentation

Objectif et trame de la présentation

- Présentation de l'audit
- Analyse et résultats
- Recommandation / Points de vigilance
- Questions

5.Recommandation / Points de vigilances

5.1 Généralités

Assurer la pérennité dans les conditions tunisiennes. Privilégier robustesse à la performance pure → Faciliter la maintenance des équipements

- **Qualité des matériaux primordiale pour tenue dans le temps des performances :**
 - Matériaux des structures (aluminium, acier galvanisé à chaud)
 - Boulonnerie inox
 - Cosses étamées pour les liaisons MALT
 - Collier métalliques attaches chemin de câbles ou câbles, protection des câbles au niveau des chemins de câbles tranchant, etc.
 - Composants spécifiques côté DC (ex. fusible gPV)
- **Qualité de mise en œuvre :**
 - Soins à poursuivre sur la mise en œuvre des chemins de câblage
 - Serrage, utilisation d'embouts de câble, repérage des chaines (grosses installations)
 - Raccordements des coffrets et armoire (par le bas avec serrage des presse-étoupes)
- **SAV :**
 - Former au nettoyage soigneux des modules
 - Enlever les éventuels nids d'oiseaux
 - Veiller au serrage des coffrets DC/AC, état des câbles,
 - Vérifier la température des composants (ex. disjoncteur, borniers) autour de midi solaire (jour ensoleillé) – au toucher
 - Vérifier l'état des parafoudres

5.Recommandation / Points de vigilances

5.1 Généralités

Modules et champ PV, structure support

- Respect strict du sud pas toujours pertinent, peut rendre le nettoyage des modules dangereux.
- Concevoir structures permettant le nettoyage des modules (hauteur réduite, maximum 3 modules en portrait, etc.), prévoir l'accès en toiture.
- Pose des modules avec des jeux inter-modules dans les deux directions.
- Information sans délai des défauts visuels sur modules au fabricant
- Ombrages systémiques permis uniquement si présents en début ou fin de journée.
- Ombrages de type « végétation » à éviter
- Nettoyage des modules avec l'eau pompée chargée en sel avec séchage au chiffon du bas des modules.
- Prévoir pose de systèmes anti-volatiles si fientes d'oiseaux
- Nettoyage à intervalles réguliers des modules souhaitable, sauf cas particulier de l'éclairage public.
- Si plusieurs chaînes et onduleurs, repérage des chaines et onduleurs

5.Recommandation / Points de vigilances

5.1 Généralités

Autres composants principaux

- Date d'installation au marqueur indélébile sur batterie, régulateur, variateurs
- Afficher les schémas électriques dans local technique (document plastifié)
- Si plusieurs chaînes, repérage des chaînes et onduleurs

5.Recommandation / Points de vigilances

5.2 *Systèmes de pompage*

- Contrôler le maintien des compteurs d'eau ou faire installer systématiquement un by-pass pour le compteur (afin de pouvoir mesurer la performance de la pompe en cas de besoin)
- Imposer un disjoncteur entre sortie variateur et pompe.
- S'assurer de la bonne ventilation naturelle ou forcée des armoires électriques abritant les variateurs de vitesse (avec grille anti-insectes)
- Dimensionner largement les disjoncteurs en sortie de variateur de vitesse
- Dimensionner largement les armoires électriques (meilleure ventilation des variateurs, etc.)
- Mettre idéalement les caractéristiques de la pompe dans l'armoire électrique (avec schéma électrique)

5.Recommandation / Points de vigilances

5.3 *Systèmes Sites isolés PVSI*

- Imposer la pose d'un compteur électrique en entrée de tableau de distribution
- Préférer des batteries à éléments 2V plutôt que des associations de batteries monobloc 12 V (sauf pour installations < 500 Wc environ).
- Pour les systèmes de type mini-réseaux, envisager systématiquement un local technique / local batterie enterré ou climatisé (grand sud tunisien)
- Renforcer les exigences en matière de protection électrique au niveau des batteries
- Imposer des régulateurs MPPT (permettant câblage en string des modules et meilleure productivité des modules)
- Imposer l'implantation des équipements pour permettre les interventions de SAV (ex. pas de parc de batteries devant les tableaux électriques)

5.Recommandation / Points de vigilances

5.3 Systèmes Eclairage public

- Vérifier la consommation électrique des luminaires (40, 50 ou 60 W, etc.) pour valider la profondeur de décharge quotidienne des batteries
- Imposer des régulateurs avec :
 - MPPT avec compensation en température
 - Niveau de protection : IP65 minimum (résistant poussière, etc.)
 - Ajustement durée d'éclairage
 - Possibilité de réduction du niveau d'éclairage (0-100%) pour réduire la consommation électrique du luminaire
 - Veiller au bon positionnement de la mesure de température du régulateur (pour augmentation de la durée de vie des batteries)
- Assurer que la boîte à batterie permette la bonne ventilation de la batterie sur les 6 faces
- Améliorer la sécurité des équipements
 - Boîte à batterie (système de protège-cadenas ou soudure)
 - Boulonnerie avec point de soudure
 - Augmentation de la hauteur des luminaires...
- Nettoyage à prévoir ou pas selon localisation des luminaires

Plan de la présentation

Objectif et trame de la présentation

- Présentation de l'audit
- Analyse et résultats
- Recommandation / Point de vigilance
- Questions

Un grand merci à tous les installateurs audités, à l'ANME et GIZ